



TITLE:

大深度地下開発における技術と空間活用に関する研究(
Dissertation_全文)

AUTHOR(S):

佐藤, 寿延

CITATION:

佐藤, 寿延. 大深度地下開発における技術と空間活用に関する研究. 京都大学, 2001, 博士(工学)

ISSUE DATE:

2001-09-25

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r10780>

RIGHT:

大深度地下開発における技術と 空間活用に関する研究

佐藤 寿延

大深度地下開発における技術と空間活用に関する研究

第1章 序論

1.1 大深度地下利用の必要性	1
1.2 本研究の構成	2

第 I 編 技術編

第2章 大深度地下使用制度の基本的構成

2.1 概説	4
2.2 地下利用における権原の取得の現状	4
2.2.1 山岳トンネルにおける権原の取得方法	
2.2.2 現在の地下利用における権原の取得方法	
2.2.3 営団地下鉄半蔵門線の事例	
2.3 大深度地下使用制度における基本的な考え方	12
2.3.1 土地所有権との関係	
2.3.2 大深度地下空間の性格	
2.3.3 大深度地下における補償の要否	
2.3.4 公物管理権との関係	
2.3.5 失われる私益と得られる公益との比較衡量	
2.4 結論	15

第3章 大深度地下利用に関する技術体系

3.1 概説	17
3.2 大深度地下の定義の変遷と技術指針の検討に至る経緯	18
3.2.1 1990年頃における大深度地下の定義と問題点	
3.2.2 臨時大深度地下利用調査会中間とりまとめにおける大深度地下の定義と問題点	
3.2.3 臨時大深度地下利用調査会答申における大深度地下の定義と問題点	
3.2.4 臨時大深度地下利用調査会答申から技術指針に至る経緯	
3.3 大深度地下使用制度における大深度地下の定義	22
3.3.1 地下室の建設のための利用が通常行われない深さの定義	
3.3.2 建築物の基礎ぐいの設置のための利用が通常行われない深さの定義	
3.3.3 大深度地下の定義のまとめ	
3.4 大深度地下使用制度で前提とする建築物規模	31
3.5 大深度地下空間の特定方法	36
3.5.1 支持層の考え方	
3.5.2 直接基礎における地盤の長期許容応力度、杭基礎における杭の長期許容支持力度の算定方法	
3.5.3 大深度地下空間を特定するための地盤調査	

3.5.4 大深度地下空間の特定方法のまとめ	
3.6 大深度地下施設と建築物との離隔距離	47
3.6.1 既存建築物の地下に大深度地下施設を設置する場合の離隔距離	
3.6.2 大深度地下施設設置後に大規模掘削が行われる場合の離隔距離	
3.6.3 離隔距離のまとめ	
3.7 大深度地下施設と地上建築物の相互影響	54
3.7.1 シールド掘削による地表面沈下等の影響	
3.7.2 大規模掘削による地盤の変形による大深度地下施設への影響	
3.7.3 建築物の載荷による地盤の変形による大深度地下施設への影響	
3.7.4 相互影響のまとめ	
3.8 大深度地下施設における耐力	66
3.8.1 耐力の考え方	
3.8.2 土圧及び水圧	
3.8.3 建築物による荷重	
3.8.4 耐力のまとめ	
3.9 結論	82

第Ⅱ編 空間活用編

第4章 大深度地下空間利用における計画論

4.1 概説	85
4.2 大深度地下の空間特性	85
4.3 過去の地下利用における問題点	87
4.3.1 過去の地下利用の事例における問題点	
4.3.2 過去の地下利用の問題点のまとめ	
4.3.3 大深度地下使用制度における問題点への対応	
4.4 利用が輻輳した場合における事業間の調整の方法	99
4.4.1 現在における調整の仕組み	
4.4.2 臨時大深度地下利用調査会答申において提案された調整の仕組み	
4.4.3 大深度地下使用制度において導入した調整の仕組み	
4.5 利用が輻輳した場合の大深度地下利用のあり方	102
4.5.1 事業間の調整の必要性の検証	
4.5.2 平面的な空間配置、垂直的な空間配置とゾーニングの問題	
4.5.3 垂直交差のルールの考え方	
4.5.4 利用が輻輳した場合の大深度地下利用のあり方のまとめ	
4.6 事業の共同化	110
4.6.1 大深度地下利用における共同化の必要性和問題点	
4.6.2 共同化の現状	

4.6.3	大深度地下利用における共同化のパターン	
4.6.4	各事業における余裕断面と共同化の可能性	
4.6.5	大深度地下利用における共同化の考え方	
4.6.6	大深度地下利用における共同化の費用負担の考え方	
4.6.7	大深度地下利用における共同化の財産区分の設定方法	
4.6.8	大深度地下利用における共同化の維持管理の方法	
4.6.9	大深度地下利用における共同化の留意事項	
4.6.10	アクセス空間(立坑等)の共同化の考え方	
4.6.11	大深度地下利用における共同化の原則(共益原則)	
4.6.12	今後の課題	
4.7	大深度地下使用制度と都市計画制度の連携	133
4.7.1	地下利用における都市計画制度の問題点	
4.7.2	都市計画制度、環境アセスメント制度と大深度地下使用制度との関係	
4.7.3	都市計画制度との連携の必要性和問題点	
4.7.4	都市計画制度との連携方策	
4.8	地下空間計画学の必要性	144
4.9	結論	145

第5章 大深度地下空間活用のための情報基盤のあり方

5.1	概説	147
5.2	大深度地下利用における情報基盤の必要性	147
5.2.1	現在における地下埋設物情報の入手方法	
5.2.2	大深度地下利用における情報基盤の必要性	
5.3	海外における地下情報の整備状況	150
5.3.1	パリにおける地下情報の整備状況	
5.3.2	ヘルシンキにおける地下情報の整備状況	
5.3.3	ストックホルムにおける地下情報の整備状況	
5.3.4	海外における地下情報の整備の考え方	
5.4	国内における地下情報の整備状況	157
5.4.1	地下埋設物情報の整備状況	
5.4.2	地盤情報の整備状況	
5.4.3	大深度地下マップ	
5.5	三次元地盤解析ソフトの開発状況	171
5.5.1	現在市販されている地盤解析ソフト	
5.5.2	これらのソフトの可能性	
5.6	大深度地下利用における情報基盤のあり方	174
5.6.1	情報基盤の考え方	
5.6.2	情報基盤の整備手法	

5.7 結論	176
--------------	-----

第6章 大深度地下利用の可能性

6.1 概説	177
6.2 地下利用におけるコストの現状	177
6.2.1 主な事業における建設コスト	
6.2.2 シールド工法における掘削単価	
6.3 大深度地下利用がもたらす建設コストへの影響	182
6.3.1 大深度地下利用と建設コスト	
6.3.2 大深度地下利用に伴うコスト削減の可能性	
6.3.3 建設期間の短縮とコスト	
6.4 大深度地下を活用した都市の新生方策	191
6.4.1 地下空間の活用の視点から見た現在の都市の問題点	
6.4.2 民間における地下を利用した都市新生構想	
6.4.3 東京駅前を中心としたケーススタディ	
6.5 結論	209

第7章 結論

7.1 大深度地下使用制度の構築に至る検討内容と今後の課題	211
7.2 後記	213
謝辞	215

第1章 序論

大深度地下利用に関する法制度の整備は、1988年に、「大深度地下の公的利用に関する制度を創設するため、所要の法律案を次期通常国会に提出すべく準備を進める」と閣議決定されて以来の課題であったといえる。当時、法律の所管をめぐる各省庁の綱引きに決着がつかず、また、法制的にも、技術的にも検討が不十分であったことから、法制度化は事実上とん挫した。その後、経済状況が悪化したことから、大深度地下利用も脚光を浴びることもなくなったが、1995年の臨時大深度地下利用調査会設置法の成立により、再び表舞台に登場することとなった。1995年11月に臨時大深度地下利用調査会が審議を開始し、法制化に向けた再スタートが切れ、5年の月日を経て2000年5月に「大深度地下の使用に関する特別措置法」（以下大深度地下法）が成立した。

5年間は大きく前半の臨時大深度地下利用調査会による検討の時期と、後半の国土庁による法制化の検討の時期に分かれる。

臨時大深度地下利用調査会は1990年頃の議論から見れば格段の成果を上げたといえるが、制度化に当たっては、技術面、法制面とも少なからず課題は残っており、また、1990年頃は、法律の権限を各事業所管大臣に与える案と土地収用法と同様に土地収用大臣（建設大臣）に与える案の所管をめぐる調整がネックとなっていたが、答申ではこれについて触れておらず、これらの課題をクリアーするために、臨時大深度地下利用調査会の答申以降さらに2年の月日を要したといえる。

この論文では、臨時大深度地下利用調査会答申から、大深度地下法の成立、法の施行までの大深度地下に関する制度（以下大深度地下使用制度）の一連の間の検討内容について、どのような検討を経て制度の構築が可能になったのか、主に技術面から論じるとともに、制度で新たに用意された様々な仕組みについて、それが導入された理由、目的、活用方策を論じた。

都市における広大な未利用空間である大深度地下を活用し、空間の高度利用を図ることが、21世紀の都市の再構築する上では必要である一方、大深度地下空間は都市において残された貴重な空間であり、これを適正かつ合理的に利用することが重要である。大深度地下使用制度にはこれを行うための様々な仕組みを用意しているものの、制度自体がこの実現を担保しているわけではなく、今後の制度の運用がこれを実現するものであり、このような観点から、本論文では、今後の展開方策についても論じた。

1.1 大深度地下利用の必要性

なぜ、今になって、大深度地下利用が検討され、制度の構築が行われたのかについては、都市の整備に対する一種の閉塞感みたいなものに原因があるといえる。

大都市圏において、新たに大規模な公共施設を整備するためには、事実上地下を利用するしか方策はなくなりつつあるといえ、さらに、過去の地下利用がもたらす様々な問題から、大量の不特定多数が利用する地下鉄といえども、図1.1に示すように地下40mを超える深い地下で事業を実施せざるをえなくなってきている。しかも、道路地下を利用しているため、理想の線形、勾配がとれるとは限らず、かなり無理を強いられながら事業を進めているのが現実である。また、民有地地下の利用についても、現状では、どんなに深い地下であっても利用するためには、多大な労力と時間を費やす必要があり、理想的な公共事業を実施するためには、現実的に制約が大きすぎるといえ、都市の再構築を行うにしても、その余地が少なくなりつつあるといえる。

例えば、東京都の直轄国道については、表1.1に示すように、既に道路1kmあたり33kmを超える管路が埋設されており、これらの管路を避けるため、地下鉄のような安全性や利便性の面から浅い地下を利用すべきと思われる事業でさえも、地下50m近くまで潜らざるを得なくなっている。

このように、公共事業が深い地下を利用せざるを得ない一方で、民有地の地下利用についてはある

一定の深度に止まっている。この利用されていない民有地の地下を自由に利用できれば、利用可能な空間が一挙に増え、事業の可能性が大きく開けることから、大深度地下利用が考えられたといえる。

地価が高騰したバブル当時は、地上に変わる空間として地下利用が考えられたが、バブル崩壊にもかかわらず、このような制度の構築が促されたのは、都市の再構築の必要性に対して、現実を踏まえての要請があったからといえる。

このような状況を背景に、1995 年に大深度地下の利用を可能とする制度の構築のための再スタートがきられた。

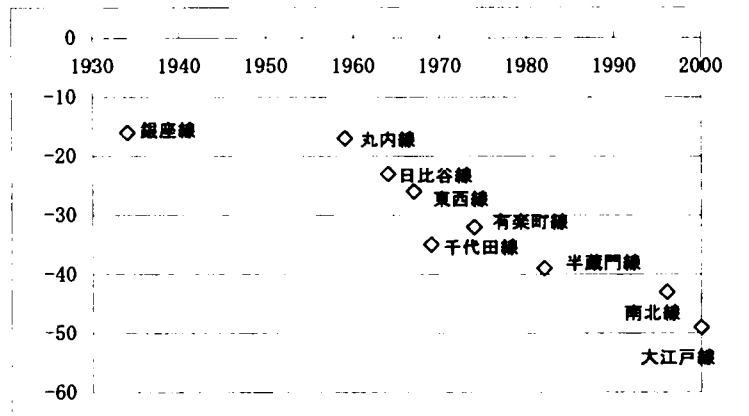


図 1.1 東京圏の地下鉄の最大深度の推移 ¹⁾

表 1.1 東京都区部の直轄国道(161.2km)の地下埋設物延長 ²⁾

	総延長(km)	道路 1km あたり 埋設キロ数(km)
内 電信電話	2,758.4	17.1
電 気	1,632.9	10.1
ガ ス	326.0	2.0
訳 上 水 道	367.3	2.3
下 水 道	307.0	1.9
合 計	5,391.6	33.4
共同溝	105.4	0.7
地下鉄	66.5	0.4

注 1：平成 10 年度末現在。

注 2：総延長は、道路下に収容されている管路の総延長を指す。

注 3：各戸引き込み管路を含まない。

1.2 本研究の構成

大深度地下使用制度は、民有地下であっても、特別な制度を構築することにより事業を円滑に実施できるようにするという面と、「早い者勝ち」、「虫食いの利用」といったスプロール的な利用を防ぎ、適正かつ合理的な大深度地下の利用を図るという面の 2 つの側面を持ち合わせた制度である。本論文では、事業を円滑に実施するための制度の仕組みとこれを行うための技術体系について論じた「第

Ⅰ編 技術編」と、スプロール的利用を防止する観点からの地下利用に関する計画論とこれを実現するための情報基盤のあり方、地下を活用した都市の再構築方法を論じた「第Ⅱ編 空間活用編」に分けて構成した。

第Ⅰ編においては、まず、第2章として、現状における民有地地下の利用の問題点を述べ、大深度地下空間を法制的にどのような空間として捉え、制度を構築したのかを論じた。大深度地下空間を法制的にどのような空間として定義するのかということは、技術的にどのような空間として大深度地下空間を定義するのかということと連動している。

第3章においては、大深度地下空間を、技術的にどのような空間として定義を行ったのか、また、大深度地下空間の特定方法、さらに、大深度地下の施設はどのような建築物の荷重に対し、安全となるよう設計すべきか、制度の最も根幹をなす部分について、どのような検討を行い決定したのかについて論じた。

大深度地下使用制度は、地権者の権利と、地下利用から要請される制限とを調整する制度であり、運用において、双方に疑義が生じることがあれば、制度として成り立ち得ず、地権者、事業者両者に対し、客観性をもちつつ、一義的に制限の内容が確定される必要がある。このような要請のもとに、技術体系を明らかにしてはじめて制度の構築が可能であったといえ、この意味において、この技術体系が、制度の心臓部分であるといえる。

第Ⅱ編においては、まず、第4章として、「早い者勝ち」、「虫食いの」な利用を防ぎ、大深度地下を適正かつ合理的に利用するために大深度地下使用制度に設けた仕組みと、これを運用する上での考え方について論じた。

地下利用について、「早い者勝ち」、「虫食いの」利用といったスプロールの概念を導入し、これを防止する観点から、利用に当たっての調整の仕組みを導入した制度としては、大深度地下使用制度が初めてではないかと思われる。

さらに、利用調整を行う上での考え方、事業を共同して実施する場合の考え方、都市計画制度との連携方策を検討し、導入した仕組みをどのように運用していくべきかを論じたが、このような事項について研究されたのも初めてのことでないかと思われる。

第5章では、第4章で論じた適正かつ合理的な利用を行うための情報基盤、地下利用を効率的に行うための情報基盤のあり方について、近年のIT技術の進展も踏まえ論じた。

現在でも、地下の情報に関しては、様々な情報の整備が相当行われているといえるが、一方では、これらの情報は整備を行ったものが独自に利用するにとどまっており、十分な活用が図られていない。一方、これらの情報をうまく組み合わせることにより、新たに情報の整備を行わなくとも、十分に利用価値のある地下利用に係る情報基盤の構築が可能であり、地下利用を進める上で大きなツールになるとと思われる。

第6章では、地下利用を行う上での最大の問題となっている建設コストについて、大深度化による影響等について論じるとともに、建設コストの縮減のための課題について論じた。

また、大深度地下を活用した都市の再構築方法について、民間企業に調査した結果などをもとに超長期的な観点から検討を行うとともに、東京駅付近を対象に、どのようなことが可能であるかケーススタディを行った。超長期的な観点からの検討であるが、現在の技術から見れば、実現が全く不可能というわけではなく、21世紀の都市のあり方の1つの提示となるのではないかと思われる。

第7章では、以上の内容を総括して、各事項毎に、今後の展開方策について論じ、結論とした。

参考文献

- 1) 1998 営団地下鉄ハンドブック：帝都高速度交通営団
- 2) 道路行政平成11年度版：建設省道路局：2000.1

第 1 編 技術編

第2章 大深度地下使用制度の基本的構成

2.1 概説

山岳部では民有地の地下も比較的簡単に利用できるのに対して、都市部では、どんなに深くても地下の利用にあたって多くの困難が伴い、特に、多くの事業が地下の使用の権原の取得までに多くの時間を費やしている。

これは、地下の使用に当たっての考え方が異なるからであるが、山岳部も都市部も場所は違っても、法制論としての財産権、土地所有権は同じはずであり、同様に事業が円滑に実施が出来ないかということが、大深度地下使用制度が考えられた出発点でもある。

しかしながら、山岳部の使用の方法は、明治時代以来の慣習的なものといえ、法制的、技術的によく吟味されたものではなく、したがって、大深度地下使用制度を構築するにあたっては、地下利用と財産権、土地所有権との関係を技術的、法制的に新たに整理する必要がある、これが制度化に当たっての最大の課題であったといえる。

技術的には、どのような条件を満足する空間を大深度地下と考え、これを客観的かつ一義的に特定するのか、法制的には、これを、どのような性格の空間として位置付けることが出来るのか、相互に密接に関連する問題であった。

この章では、民有地地下の利用において交渉が長期化した事例から、地下利用の問題点を整理し、大深度地下をどのような性質の空間として整理し、制度の構築を行ったのかを述べる。なお、第3章の大深度地下利用にかかる技術体系で、この大深度地下の性質を技術的にどのように具現化したのかを述べる。

2.2 地下利用における権原の取得の現状

大深度地下使用制度ができるまでは、地下の利用に当たってのルールは明確でなく、山岳部では、山岳トンネル方式と呼ばれる方法により、都市部では、有償の利用について合意が成立した場合は民法第269条ノ2の区分地上権契約により、無償の利用について合意が成立した場合は民法第593条の使用借権設定契約により、合意が成立できないときは土地収用法の使用裁決により、それぞれ地下の使用の権原を取得している。

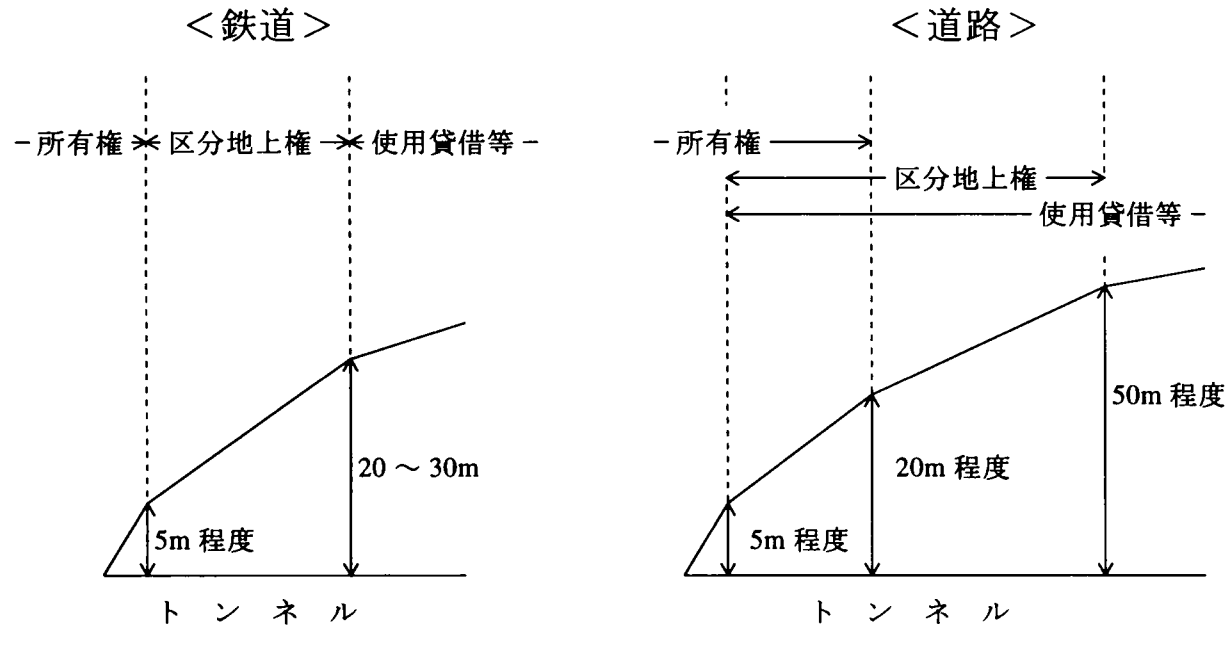
2.2.1 山岳トンネルにおける権原の取得方法

現在、山岳部でトンネルを掘る場合には、ある一定の土被りから、掘削の承諾を得るだけでトンネル掘削を行う方法が一般的に採用されている。このような方法の由来として、野沢¹⁾は（社）日本鉄道技術協会のセミナーで、「明治の初めの頃、農林省と鉄道省の間で交わした覚書がその元になっているようです。当初は山の上でも買収することがあったようですが、お互いにそれでは不自由である、地主さんとしても、自分の土地の中に細長い他人の用地が出てきたのでは扱いが困るし、買う方も、とてもそれは無駄なことではないかということから、省庁間で協議し、いわゆる起工承諾だけで仕事ができることとしたのがそもそもの発端になり、もう百年以上もよき慣行としてこれが定着してきたわけです。」と述べており、長年の慣習が定着して、一般的な制度として現在に至っていることを述べている。

現在では、事業者によって運用の実態に差異はあるものの、図2.1に示すように、概ね5m以下の浅い部分については地表部も含め用地買収を行い、5mから20～30mについては、区分地上権を設定し、概ね30m以深になれば使用貸借権、起工承諾など無補償で権原の取得を行うことを原則とし

ている。

これと類似する制度として鉱業権にもとづく鉱物の採掘があるが、鉱物については、民有地地下であっても、その採掘権は国が有し、国から採掘権を得た者が採掘できる仕組みとなっている。この場合においては、地下 50m 以深で、地表に影響を与えなければ、無補償で採掘できることとして、法律に定められている。



鉄道

- (1) 坑口、土被り 5m 未満：所有権を取得
- (2) 土被り 5m ～ 20、30m：区分地上権を設定
- (3) 土被り 20、30m ～ ：使用貸借等

(注) m 数は、概ねの数値である。

資料：建設省、運輸省へのヒヤリングによる

道路

- (1) 入口、土被り 20m 以下に多い ：所有権を取得
- (2) 土被り 5m 超～ 50m 以下に多い：区分地上権を設定
- (3) 土被り 5m 超に実績がある ：使用貸借等

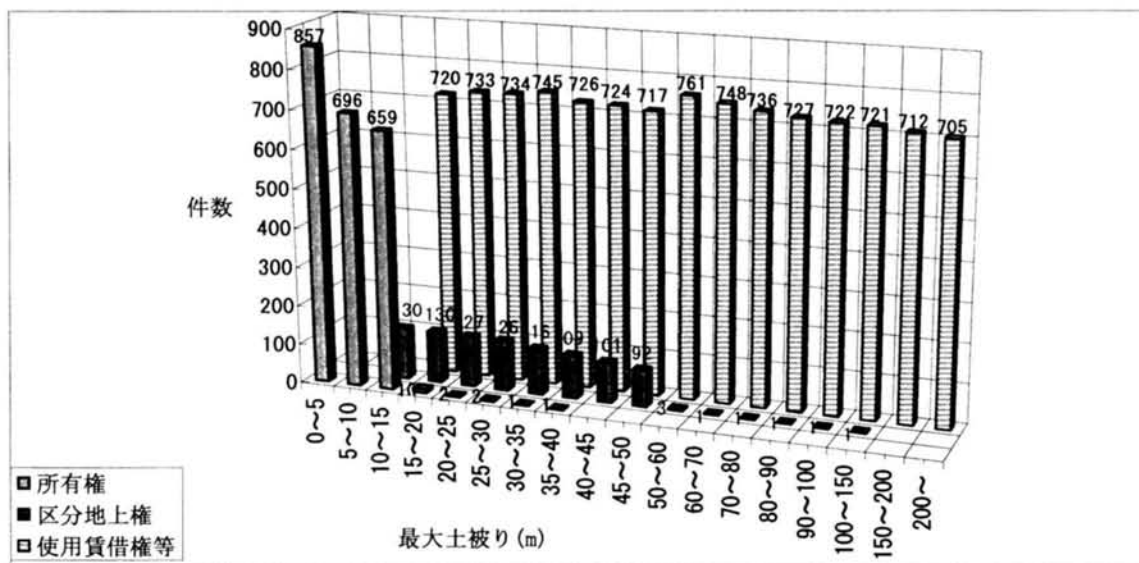
図 2.1 山岳トンネルにおける権原の取得方法の考え方

2.2.2 現在の地下利用における権原の取得方法

一般的には図 2.1 のような考え方が採用されているが、上部の土地の利用状況によっては、原則から乖離しており、地下利用における権原の取得が、実際、どのように行われているのかについて、建設省が全国の各事業者に対して調査した結果²⁾をもとに検討する。

調査は、1989 年以降に着工した最大土被り 30m 以上のトンネルを対象に、権原の取得について、それぞれの深度別に用地買収、区分地上権買収、使用貸借権のいずれにより使用の権原を取得したかをアンケート調査している。

調査結果は、全国と三大都市圏及び政令市の大都市地域に区分して整理されている。図 2.2 に全国の事業者を対象として深度別に権原の取得方法を整理した結果を示す。



注：有効回答 866

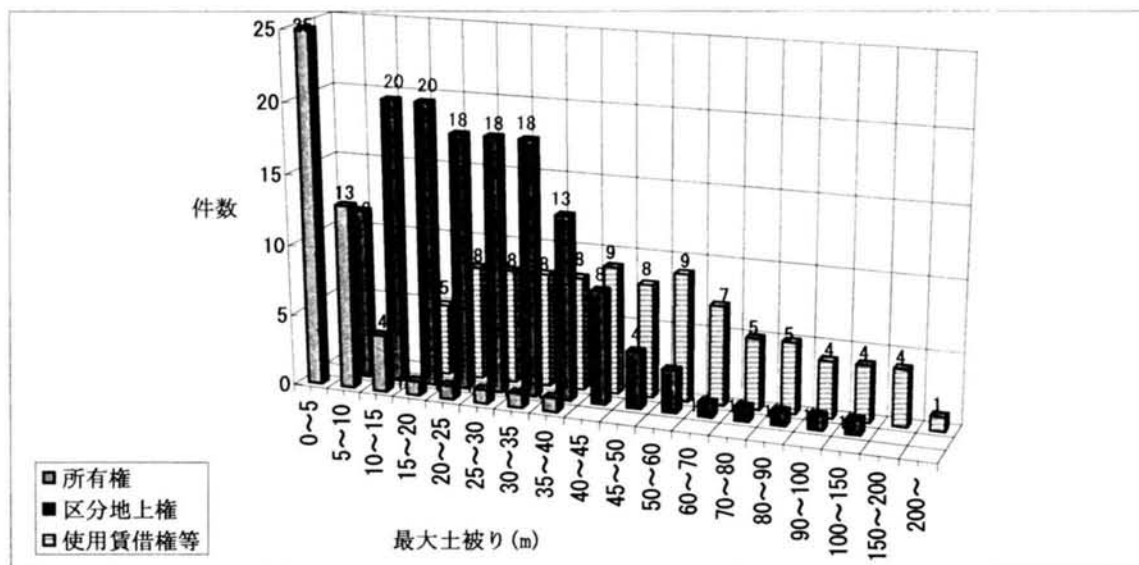
区分地上権は区分地上権と貸借権を指し、使用貸借権とは使用貸借権、起工承諾、説明会等による了承を指す。

資料：建設省資料

図 2.2 深度別の権原設定状況（全国）

全国的に見れば、土被り 15m 以浅では土地所有権を取得する例が多く、15m を超えると区分地上権による有償による使用、もしくは使用貸借権、起工承諾等の無償による使用を行う事例が多くなる。特に、15m 以深では8割超は無償使用となっており、15m を超えれば大部分は無償で使用しているといえる。また、有償で使用を行うのは、50m までである。

次いで大都市部地域を対象に整理した結果を図 2.3 に示す。大都市地域は、東京圏（東京都、千葉県、埼玉県及び神奈川県）、大阪圏（大阪府、京都府、奈良県及び兵庫県）、名古屋圏（愛知県、岐阜県及び三重県）及び政令指定都市である。



注：有効回答数 28

図 2.3 深度別の権原設定状況（大都市）

大都市地域については、全国よりも区分地上権を設定する割合が高く、概ね 50m より浅い場合は有償で、これより深い場合は無償で行われる傾向があり、都市部では有償で使用の権原を取得する傾向があることを示している。

このデータは大都市地域のデータではあるが、当該地域が都市的な土地利用が行われている地域かどうかということについては区別していない。そこで、表 2.1 に市街化区域内で行われた事業における、補償率、交渉に要した期間を示す。土被りが大きな場合に補償を要した事例もあるが、一方、土被りが 40m より浅くとも無補償で行った事例もある。別途調査した結果からは、市街化区域内において無補償で使用の権原を取得できたケースは霞ヶ浦導水事業水戸トンネルを含め数例しかなく、一般的には、どのような深度であっても補償金を支払う例が多いようである。

表 2.1 市街化区域における地下使用の事例

	北千葉導水事業 (豊四季シールド) (1602m)	霞ヶ浦導水事業 那珂導水路水戸ト ンネル(6300m)	帷子川分水路 (5320m)	県道相模原愛川線 愛川隧道(146m)
所在地	千葉県柏市、流山市	茨城県水戸市	神奈川県横浜市	神奈川県愛川町
最大土被り	36m	52.44m	58m	45m
都市計画区域	市街化区域及び市 街化調整区域	市街化区域	市街化区域	市街化区域
権原取得状況	任意 100%	任意 100%	6 名収用手続き 0 ～ 7m 7m ～ 58m	任意 100% 0 ～ 10m 10 ～ 45m
所有権 区分地上権 使用貸借権	12 ～ 36m	24.6 ～ 52.44m		
補償率	27% ～ 10%		50% ～ 10%	53% ～ 7%
土地所有者数	28 名	313 名	361 名	3 名
交渉期間				
3 ヶ月未満		313 名	248 名	3 名
3 ～ 6 ヶ月	2 名		107 名	
6 ～ 13 ヶ月	23 名			
1 ～ 2 年	3 名			
2 年以上			6 名	

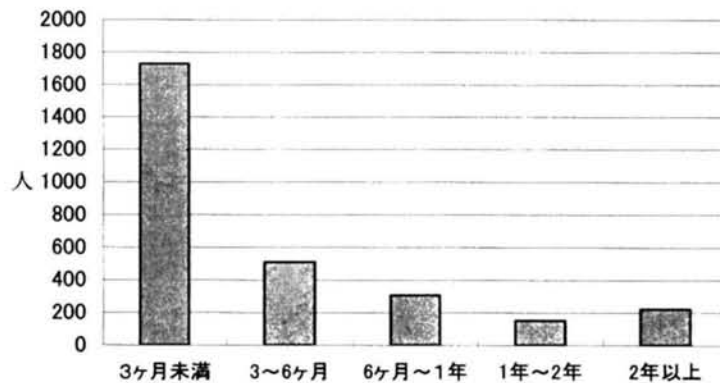
注：補償率は区分地上権設定に伴う阻害率

資料：建設省

また、交渉期間については、比較的短期間で用地交渉を終えている例もあれば、用地交渉が難航し、収用法の適用に至る事例もある。網羅的に調査されているわけではないが、都市部においては交渉が難航し、地方部においては交渉がスムーズに進んでいるようである。これは、土地利用の高度化・複雑化している地域では土地に対する権利意識が高いからと推測できる。

通常、事業に必要な土地の一部でも欠けていると事業としては、竣工しない場合が多く、特に、トンネルについては、大多数の土地の交渉が完了したとしても、1カ所でも用地の手当がつかないと、開通できず、まさに、用地交渉が事業のキャスティングボードを握っているといえる。

図 2.4 に建設省の同調査結果から、交渉妥結までに要した期間別に地権者数を示す。短期間で交渉が妥結する地権者が大多数であるが、少なからず長期化する地権者もあり、このような場合にどのような対応策をとるのが問題となる。



注：回答数 150 トンネル

資料：建設省

図 2.4 交渉妥結までに要した期間

2.2.3 営団地下鉄半蔵門線の事例

地下利用をめくり交渉が長期化した代表的な事例として、営団地下鉄半蔵門線の事例がある。

半蔵門線は、渋谷から半蔵門、大手町を経て水天宮に至る路線で、現在は押上に向けた延伸工事が行われている。現在の開通区間（渋谷～水天宮）は 10.9km である。

事業は 1973 年 3 月に着工され、当初、渋谷から日本橋宝町（現三越前駅）の間については、1975 年 9 月に開通する予定であったが、最終的に 1990 年 11 月に開通がずれ込むなど、用地取得の難航により事業計画が大きく狂っている。

半蔵門線の事例も 1990 年頃の大深度地下利用法制定の機運を高めた一つの要因である。

この他にも、地下鉄建設に伴い交渉が長期化した事例としては、収用委員会が不在のため、土地収用手続きに入れず、交渉が暗礁に乗り上げたまま長期化した東葉高速鉄道の事例などがある。

(1) 事業認定申請に至る経緯

半蔵門線の建設にあたっては、千代田区九段南 2 丁目の民有地地下（図 2.5 参照）を通過することに対し、強い地元の反対運動が起こり、用地取得が難航した。



図 2.5 半蔵門線ルート図（九段地区）³⁾

当該地域に対しては、1972 年 7 月に地元説明会が実施されたが、千代田区九段南 2 丁目民有地地下を通過する 290m の区間については、一部地元住民の強い反対運動が起こった。地下鉄総体としては、自動車交通の代替機能を評価すれば、環境を改善するとともに、地域振興に資する事業とも言えるが、駅が無く直接的な受益の乏しい沿線では、住民の立場からは受認しがたいという言い分が強く、

①事業計画の不当性（路線としての合理性、公共性に問題がある）

②地元住民の無視（路線決定が住民に相談なく行われている）

③工事中及び開通後の振動・騒音による環境破壊

④地下鉄建設の準拠法規の不明確性

を主な反対の理由として、反対運動が展開された。

地元住民は、1974 年 5 月に「地下鉄 11 号線九段南二丁目地区反対期成同盟」を結成し、関係機関への請願、陳情等による反対運動を展開し、1975 年 11 月には同期成同盟会を「営団地下鉄 11 号線路線変更を求める会」（以下路変の会）に改め、この会を中心に営団との個別折衝に応じないこと等を申し合わせて運動を展開した。

これに対して事業者（営団）も代替ルートの検討も含め、説得に努めたが了解を得るには至らず、1976 年には、地権者の一人が土地一坪を分筆し、全国の支援者 261 名が共同登記を行った。これは、平河町地区にも飛び火し、同様に 109 名の共有登記が行われた。一坪運動は成田空港で採られた戦術を参考にしたもので、関係者を増やし用地交渉を困難とするとともに、事業認定後の収用手続きを複雑化することをねらったものである。一坪の共有者は当初、北海道から奄美大島までの 18 都道府県に散在していたが、最終的には 288 名まで増え、全国各地に居住するとともに、アメリカ合衆国、アルゼンチンに居住する者まであらわれている。

路変の会は 1978 年 9 月の千代田区道に係る鉄道工事承認に対し、千代田区に異議申し立て、東京都に審査請求書を提出し、それらの却下に対して却下取消の訴訟を東京地方裁判所に提起し、法廷闘争が開始した。この後、地下鉄道敷設工事差止請求訴訟、不作為違法確認請求訴訟、事業認定処分取消請求訴訟と法廷闘争化が激しくなる。

また、区議会への請願活動により、1975 年には、千代田区議会が「地下鉄 11 号線番町・九段地区の路線計画に反対する決議」を行っており、行政も巻き込んで、問題は複雑化していく。

一方、営団は、個別交渉を進め、1979 年初頭には残った地権者 53 名に対し一斉交渉に入ったが、路変の会の強固な反対にあい、ほとんど門前払い状況であった。この中においても、鋭意交渉を進め、1980 年に 4 名、1981 年に 4 名と契約を締結している。任意交渉によって、1986 年の収用裁決申請までに計 38 名と契約締結に至っている。

(2) 事業認定申請後の経緯

営団は、1980 年 5 月に半蔵門～日本橋本町間の事業認定申請を行い、これと併行して、任意交渉も進めたが、交渉には進展が見られず、1983 年 3 月には、路変の会と話し合いを断念する旨の文書を提出し、任意交渉による解決を断念した。

これと前後して、1983 年 11 月 1 日には事業認定の告示が行われ、強制収用へと大きく舵をきることとなる。

土地収用法では事業認定から 1 年以内に収用裁決申請を行わなければ、事業認定の効果を失うこととされていることから、迅速に物事を進めることとし、同年 11 月 4 日付けで補償に係る周知文を配達証明付書留郵便により送付し、さらに土地調書、物件調書作成のための土地の立ち入りに関する通知の文書を内容証明郵便で送付、不在、受領拒否者に対しては、電報で再度通知を行い、それでも不在のものに対しては、口頭で通知を行った。

これを踏まえ、土地調書、物件調書のための測量に入ろうとしたが、土地の立ち入りが拒否され、道路上からの測量、目視により調書を作成している。手続きが慎重に行われたにもかかわらず、後の審理に際して、路変の会は、通知については全て拒否しているので通知がなかったと主張し、土地調

書、物件調書の正当性について争っている。

このような手続きを経て、営団は、1984 年 5 月に収用裁決申請を行った。これに対し、16 回の審理を経て結審し、1987 年 3 月に収用裁決が行われ、同年 6 月に明渡（地下であり、具体的な移転はない）がなされ、工事が再開された。

審理に際しては、膨大な質問・意見が提出され、審理のたびに事業者は膨大な資料を作成するなど作業に忙殺されたほか、申請・審理のたびに質問、意見を提出できる利害関係者を特定することから住民票、登記などにより全権利者を確定する必要がある、計 21 回にわたり調査を実施するなど、膨大な事務が発生している。

なお、一坪共有地には、その持ち分に従い、最小 182 円～最大 3088 円が 288 名に支払われた。半数は受け取りを拒否し、法務局へ供託された。

(3) 用地取得難航の工事への影響

当該工区の工事は 1980 年 8 月に発注され、1982 年 5 月にシールドの発進準備が整ったが、用地交渉への悪影響を考慮し、発進を見合わせる一方、地中掘進停止の技術的な問題点を検討し、対策を講じた。この時期、環境悪化を理由に工事差止訴訟が起こされていたことから、これを否定するためには実証するにしかずとの緊迫した空気の中で、1983 年 10 月に掘進を開始し、同月に民地部入り口の位置まで掘進し、停止した。この後、3 年 8 ヶ月の間地中で待機し、1987 年 6 月に掘進を再開、同年 11 月に到達立坑に到達している。

延長 1km のシールド工事に約 7 年 10 ヶ月を要したことになる。

停止対策として、シールド停止位置の地盤改良を行ったほか、定期的にカッターを部分回転するなどのメンテナンスを実施している。

以上の経緯をまとめると表 2.2 の通りである。

表 2.2 半蔵門線の経緯（年表）

1968 年 4 月	都市交通審議会から緊急整備路線として答申
1968 年 12 月	都市計画計画決定
1971 年 12 月	運輸大臣から工事施工認可
1973 年 3 月	建設大臣から工事施工認可
1973 年 7 月	第 1 回地元説明会
1974 年 5 月	通過反対期成同盟（地元反対者）
1975 年 7 月	地下鉄 11 号線番町・九段地区の路線計画に反対する決議（千代田区議会）
1975 年 11 月	通過反対期成同盟→地下鉄 11 号線の路線変更を求める会（路変の会）
1976 年 11 月	一坪運動の開始（当初 261 名、最終的には 3.3 ㎡を 288 人が共有）
1979 年初頭	一斉個別交渉の実施→1980 年 4 名、1981 年 4 名と契約締結
1980 年 5 月	事業認定の申請（営団→東京都知事）
1980 年 8 月	九段上工区工事発注
1982 年 5 月	シールド発進準備完了
1983 年 3 月	路変の会との話し合いを断念
1983 年 10 月	シールド掘進開始、民地部入り口で停止
1983 年 11 月	事業認定の告示
1984 年 5 月	収用裁決申請 この後 16 回の審理を開催
1986 年 9 月	結審
1987 年 3 月	裁決書の交付
1987 年 6 月	明け渡し期限、工事再開
1987 年 11 月	シールド到達

資料：²⁾³⁾⁴⁾をもとに作成

(4)このような長期間を要した理由

半蔵門線では、なぜ、最初の地元説明会以降、使用の権原取得まで約 14 年の歳月が必要だったのか。一坪運動が展開されたことも原因であるが、それだけの理由では説明できない。経過を区切ってその理由を考えた。

①事業認定申請まで（7 年 10 ヶ月）

最初に工事説明会を実施してから事業認定を申請するまで、約 7 年 10 ヶ月という長期の期間を要している。開業予定が当初 1975 年 9 月と決定していることを考えれば、鉄道事業の事前の任意交渉の期間としては、通常考えにくい長さである。この理由としては、千代田区議会が 1975 年に反対決議を行ったことが大きく影響したのではないかと考えられる。地元議会からも反対されている事業について、都知事に事業認定を申請したとしても、果たして認定が受けられるかどうか、判断がつかず、任意協議を長期化させたが、交渉が難航し、暗礁に乗り上げたことから、この段階でようやく事業認定申請を行ったと考えられる。

駅がなく直接的な受益の乏しい地区では、受認しがたいという考えにより反対運動は起こるとしても、地下鉄事業総体として、区レベルの範囲では、地域活性化に役立つものであり、地元議会も含め地元の理解を得ることの重要性を示す事例といえる。

②事業認定申請から事業認定告示まで（3 年 5 ヶ月）

行政手続法により、事業認定申請から事業認定告示までの標準処理期間は 3 ヶ月と定められており、告示まで 3 年 5 ヶ月の長期を要したのは、標準処理期間を大きく逸脱し、異例のことといえる。このように決断が遅れた理由は、行政内部の事務に関することによくわからないが、やはり地元区議会の反対決議等もあり、特に慎重な判断が必要になったのではないかと考えられる。これについて、元東京都職員（収用委員会事務局）である平松⁹は著書の中で「もともとこの事業には、地元の千代田区議会が反対決議をするような何か地元が無理を強いるような具合の悪さがあったので、その具合の悪さが訂正されるまで、都知事は事業認定しなかったということを推測させる」としており、事業認定の可否については、個別事業の特別な事情により定型的な判断を下すことが難しいことを示している。

③事業認定告示から収用裁決まで（3 年 4 ヶ月）

この間については、一坪運動により長期化した期間ではないかと思われる。事業認定から収用裁決申請までは、様々な問題が発生したものの 6 ヶ月間という短期間で行われているが、審理については、16 回を数えており、2 年 10 ヶ月を要している。

(5)半蔵門線の事例から用地買収に手間取る理由

土地収用法の適用をめぐるのは、成田空港や最近の日ノ出町のゴミ処理場のように、必ずしも円滑に適用できないという問題がある。

日ノ出町の例でも、土地収用法では、補償金は一人一人手渡すことが定められていることから、2800 人の一坪地主の 5700 万円の補償金の支払いに、海外への渡航費用も含めて 7 億円の事務経費が必要となったことが大きく報道され、一坪運動の是非が議論された。半蔵門線の事例においても、一坪運動が行われ、煩雑な手続きにより多大な行政手続きが必要になったということもあり、あたかも、一坪運動により地権者を増やし反対運動を行うことに社会的問題があるとの印象を与えたが、事業が長期化する本質的な問題としては、これ以外の要因も大きいと思われる。

半蔵門線の例も参考に、用地交渉が長期化する要因を再整理すると以下のように考えられる。

①任意交渉の必要性和土地収用に手続きを移行させる決断の難しさ

まず、任意交渉を行い、これにより円満に解決することが用地交渉の前提で、任意解決が困難とな

った場合になってはじめて、土地収用の手続きが開始されることとなる。しかしながら、任意解決が困難であるにもかかわらず収用手続きを活用しないまま、徒に推移させてしまう例もあり、このことが長期化につながる問題であるといえる。

これに対して、土地収用法を所管する建設省は、直轄工事に対して平成元年に用地取得率が80%又は、用地幅杭打設から3年のいずれか早い時期から収用手続きを開始するようにとの通達⁹⁾を行っているが、事業者サイドとしては、やはり円満な解決を図るべく、交渉を長期化させてしまうという実態がある。

②事業認定行為の難しさ

土地収用法は、失われる私益及び公益と得られる公益とを比較衡量する制度であるが、失われる私益及び公益と得られる公益を、定量的に判断することは困難であり、この判断は、非常に高度な行政的判断といえる。このため、特に複雑な案件については、慎重を期すことが要求され、加えて、個別事案により状況が異なることから判断の基準を統一することが難しく、定型的に判断を行うことができない。したがって、個別事案毎に、時間をかけて慎重に検討を行い、時間を費やす事例が生じてくる。言い換えれば、定型的に判断できない仕組みが行政の裁量部分を大きくし、これが判断を難しくしているといえる。

事業者にとっては、基準が不明確な部分に対して、申請が認定されるかどうか確信がもてず、地権者からみても、制度の運用に対し不審をもつこととなる。

③手続きの煩雑さ

一坪運動の例からもわかるように、地権者が多数にのぼった場合の行政コストが非常に大きいという問題がある。これは、収用法自体が、古い法律であり、現時点から見れば必ずしも合理的とは思えない手続きを課していることにも原因がある。

補償金の算定や権利者の確定のために、土地調書、物件調書の作成を行わなければならない、それぞれの権利者を確定しなければならないという面はあるものの、半蔵門線の場合でも、難航はしたが長期間を要しているわけではない。

2.3 大深度地下使用制度における基本的な考え方

このような過去の事例も踏まえ、大深度地下使用制度として、次のような整理を行い制度を構築した。

2.3.1 土地所有権との関係

民法第207条では土地所有権について、「土地ノ所有権ハ法令ノ制限内ニ於テ其土地ノ上下ニ及ブ」と規定しており、文言上は法令の制限がない場合は、空中、地中に及ぶこととなる。

民法が制定された1880年当時は、地上は天空まで、地下は地底までというように無制限的に把握する考え方（ローマ法に由来するといわれている）が有力であったが、現在の民法の解釈では、ドイツ民法やスイス民法に見られるように、土地所有権の及ぶ範囲は土地所有者にとって利益の存する範囲内に限ると限定的に解する制限説が通説となっている。

では、大深度地下に所有権は及ぶのか、利益の存する限度はどこまでかが問題となるが、現在掘削されている地下数百メートルに及ぶ井戸や温泉井は、現行の法制度では、土地所有権やそれを前提とした地上権、貸借権などを法律上の根拠としておりと考えるのが普通であり、このような見地から見れば、大深度地下に土地所有権が及んでいないとはいえないといえ、大深度地下にも土地所有権は及

んでいるとして制度の構築を図った。

2.3.2 大深度地下空間の性格

一定の公益性を有する事業については、現在、土地収用法により、民有地を強制的に事業のために利用することができるようになっているが、この場合は、私有財産権（土地所有権）に制約を加えることになるので、慎重かつ厳格な手続きが定められているとともに、その判断が定型化できないことから、半蔵門線の例のように、長期を要する場合もある。

このため、大深度地下を通常利用されない空間と定義すれば、公益性を有する事業による利用を優先させても、土地所有者には実質的な損害は発生しないと考えられることから、その土地に土地所有権が及んでいるとしても、特別な制度が構築可能である。

つまり、土地収用法は、公共の利益の増進と私有財産との調整を図る一般法であり、すべての土地や物件を対象に、収用・使用の是非（事業認定）とこれに係る補償（収用裁決）に関する一般的な手続きを規定するのに対し、大深度地下使用制度は、大深度地下を使用することの是非（使用権の認可に関する手続き）を定める一方、使用によっても実質的に損失はないと考えられるので、補償に関する手続きを財産権を侵害する程度に応じて定める特別の制度とすることができるとした。これより、法制的な面からの要請としては、大深度地下を通常利用されない空間、すなわち使用によっても実質的に損失が発生しない空間として技術的に定義する必要性が生じた。

2.3.3 大深度地下における補償の要否

通常利用されない空間である大深度地下について、財産権の侵害の程度からみて、補償が必要かどうかを決める必要がある。

憲法においては、私有財産権は、絶対不可侵のものではなく、財産権の内容、行使に関して公共の福祉を理由とする制約を課することができる旨を定めており、その場合に正当な補償が必要とする。

憲法第 29 条（財産権）

- 1 財産権は、これを侵してはならない。
- 2 財産権の内容は、公共の福祉に適合するやうに、法律でこれを定める。
- 3 私有財産は、正当な補償の下に、これを公共の福祉のために用ひることができる。

補償の要否については、学説上様々な説があり、補償を行う場合、行わない場合とも様々な解釈が可能であるが、大まかな考え方としては、危険・災害防止、都市計画の用途規制などの一般的な規制に関しては補償不要とする傾向にあり、土地の収用などの財産権の剥奪については補償が必要とする傾向にある。しかしながら、どの場合に補償が必要で、どの場合に補償が不要か、一律に結論が導き出せるものではなく、制度の構築に当たっては、大深度地下が使用された場合において、補償すべき損失が発生するかどうかを具体的に検討した。

大深度地下の使用に関する補償については、①空間が使用できなくなることに関する補償（大深度地下空間の利用制限に関する補償）と、②利用に制限が課せられることの補償（荷重制限に関する補償）と、③既存物件の等に関する補償の3つに分けて考えた。

③の既存物件としては、井戸などが考えられるが、これは、既に利用されている価値に対する補償であり、当然、補償が必要になることとしたが、第3章で示すとおり、①及び②については、現行最大規模の建築物も建築可能なように技術的に空間を定義したことから、実質的に損失はなく、原則、補償が不要とした。

2.3.4 公物管理権との関係

一方、現在、道路、河川等の用地の下を利用する際には、その管理者から占有許可を取得し、占有料を支払うことにより、埋設物を設置しているが、現在の運用においては、深さ方向について何ら規定はなく、深さにかかわらず一律に扱っており、大深度地下利用という概念が存在していない。この点について何ら対応をとらなければ、民有地においては原則として無償で使用するのに対して、道路等の地下では有償であるという矛盾が生じることとなる。

道路等の占有許可等を総称して、公物管理権というが、これに関しては、公物と適切な調整を行った上で、使用権を設定すれば、重ねて、占有許可を受ける必要はないと整理し、大深度地下の使用権を得た事業については、占有の許可及び占有料の払いの必要がないことを法律の中に明記した。

2.3.5 失われる私益と得られる公益との比較衡量

土地収用法では、「当該土地がその事業の用に供されることによって得られるべき公共の利益（＝得られる公益）」と「当該土地がその事業の用に供されることによって失われる利益（＝失われる私益＋失われる公益）」とを比較衡量した結果、前者が後者に優越することが求められるが、この判断を定型的に行うことは難しく、個別の事案毎に慎重に判断する必要がある。

しかしながら、大深度地下は、通常利用されない空間であり、原則として補償を要しない空間であることから、私益が極端に小さい空間と判断でき、事業が大深度地下で行われることを確認すれば、「失われる公益」と「得られる私益」との比較衡量では、定型的に「得られる公益」の方が上回っていると判断できる。

したがって、使用の認可を判断する際には、公益と私益との比較衡量が不要であるとして、制度を構築している。

(1) 任意交渉との関係

大深度地下使用制度では、任意交渉による解決を前提とせず、逆に任意交渉を行わないことを前提に、使用の認可申請を行うものとして制度を構築している。これは、事業に公益性があり、かつ大深度地下で行われることを確認すれば、定型的に公益が私益を上回っていると判断できるため、これをもとに、使用の判断については定型的に行えることとし、さらに、そもそも失われる利益が原則として存在しないことから、補償を行うことを前提とした任意交渉は不要としている。

任意交渉を必ずしも行う必要がないことは、半蔵門線の例から見ても、円滑な事業実施の上で、大きな効果をもたらすと考えられる。

(2) 土地調書、物件調書の作成との関係

土地の面積等を確定した土地調書、物件調書は、補償金額の算定を行うために作成を行うが、大深度地下空間を補償を要しない空間として定義したことから、権利者、土地の区画の特定などを行う必要はない。したがって、大深度地下使用制度では、補償が必要となる井戸、温泉井等についてのみ、物件調書を作成することとし、土地調書については作成が不要であるとした。

(3) 認可要件の明確化

土地収用法では、失われる私益と得られる公益との比較衡量が難しく、個別案件毎に慎重に審査する必要があったが、大深度地下では、公益と私益の比較衡量について、公益が上回ることを定型的に判断することとしたことから、認可にあたって判断すべき事項は、施設が大深度地下に存在すること、十分な耐力を有すること等の技術的な事項が中心となり、その他の事項も含め認可の可否の判断の定型化が比較的容易になったといえる。これにより、速やかな処理が期待できる。

2.4 結論

大深度地下空間をどのような空間として位置付け、制度を構築するかが、制度化を図る上で最も根幹的な事項といえる。これについては、通常利用されない空間を大深度地下空間として定め、この特性から特別の手続きを行う制度を構築した。

これにより、現在、土地の使用権を取得するまで、通常数年はかかっているものが、数ヶ月（大深度地下使用制度の標準処理期間を6ヶ月として定めることで検討している）で済むことになり、円滑な事業を実施する上では、大きく効果を発揮するはずである。

図 2.6 に土地収用法による場合の手続きと大深度地下使用制度による手続きとを比較するが、土地収用法では、任意交渉に少なくとも数年が必要であるが、大深度地下使用制度ではこれが不要であるという大きな違いがある。また、土地収用法が「事業認定」と「収用裁決」という2段階の行政手続きを要しているのに対し、大深度地下使用制度では、使用認可という1段階の行政手続きにより事業を行えるようにしている。

このような面から見ても、大深度地下使用制度によって地下を利用する事業の進め方は大きく変わってくるのではないかと考えられる。

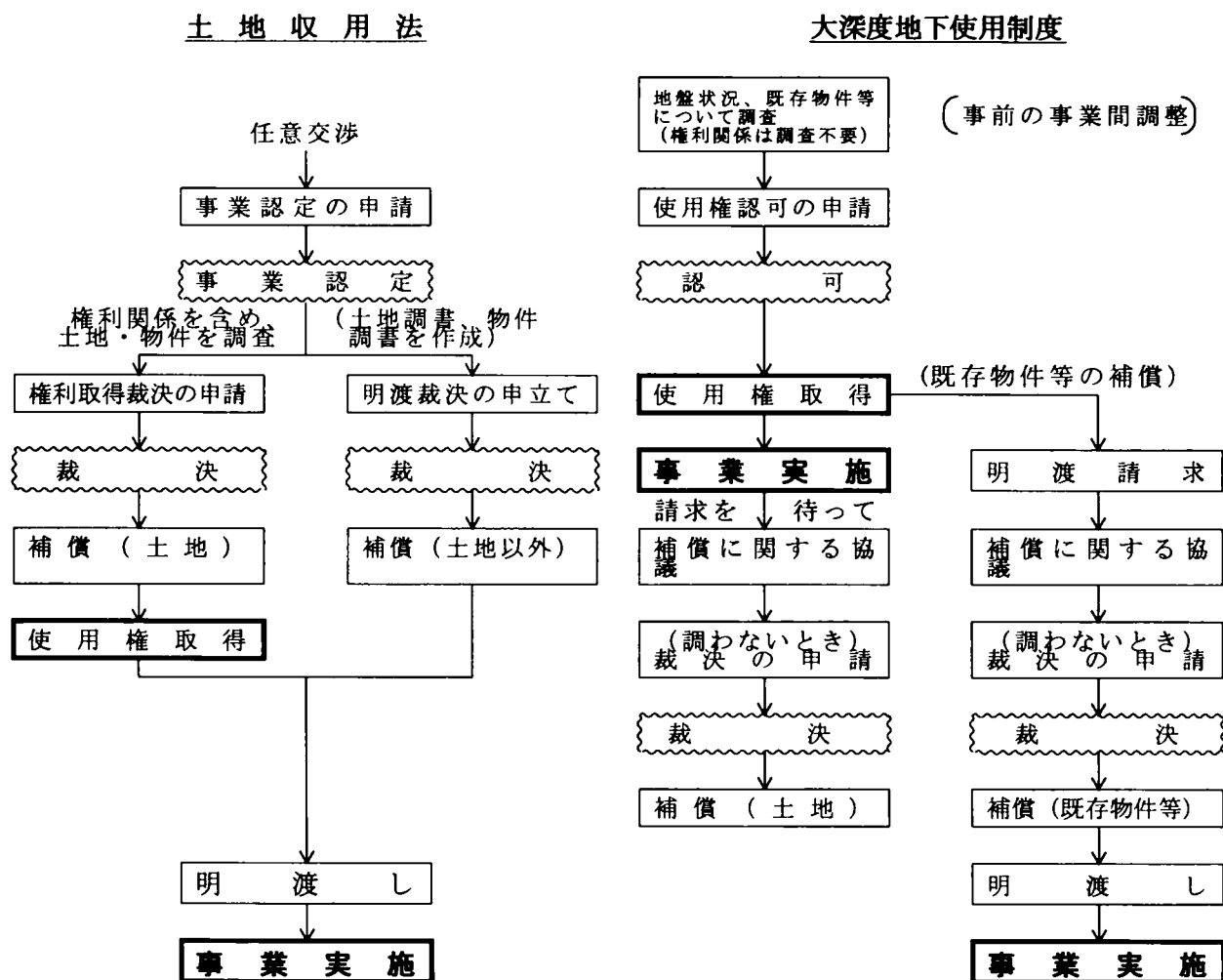


図 2.6 土地収用法による手続きと大深度地下使用制度との比較

参考文献

- 1) 野沢太三：「臨時大深度地下利用調査会」に関するセミナー講演（主催（社）日本鉄道技術協会）：1998.11
- 2) 建設省建設経済局調整課：大深度地下利用に関する調査検討：1998.10
- 3) 帝都高速度交通営団：東京地下鉄道半蔵門線建設史（渋谷～水天宮前）：1999.3.31
- 4) 平松弘光：大深度地下利用問題を考える：1997.12
- 5) 建設省建設経済局長他：事業認定等に関する適期申請のルール化について：1989.7.14
- 6) 宮下恵喜男、堀井昌幸：地下鉄半蔵門線九段民地の土地使用事件について：月刊用地 88.9,88.10

第3章 大深度地下利用に関する技術体系

3.1 概説

大深度地下使用制度は、大深度地下空間を客観的、一義的に定めることができ、かつ、地上建築物と地下構造物との関係を技術的に明確にできて初めて構築が可能であった制度である。

この意味において、大深度地下使用制度における技術面でのキーワードは「客観性」と「一義性」といえ、この点について不十分で、制度の技術的事項の解釈について疑義が生じるならば、制度の円滑な運用は不可能であり、「客観性」と「一義性」が技術面では制度の最も骨幹をなす部分である。

大深度地下使用制度は、地上の地権者の自由度を最大限確保しつつ、大深度地下に設置される施設から地上建築物へ要請される制限との調整を行う制度といえ、利害が相反する両立場について、技術的に見てどこで折り合いをつけるのか、憲法の財産権、民法の土地所有権とも連動する大きな課題について一つの解を出したものである。

具体的には、大深度地下空間の特定方法、大深度地下施設と建築物との間での影響の評価、大深度地下施設の設計手法などについて、透明性、公平性を確保した上で、客観的かつ一義的に特定が可能なように技術的に解決する必要があった。

しかしながら、「3.2 大深度地下の定義の変遷と技術指針の検討に至る経緯」に述べるように大深度地下利用の検討の初期から、この点について十分に認識されていたとはいえ、大深度地下利用における技術的項目の「客観性」と「一義性」の重要性について認識し、本格的に検討し始めたのは、私の着任後の1998年以降のことである。

この検討に当たり、まず、第一に高層建築物の地下利用の実態を明らかにするため、建設省住宅局及び(財)日本建築センターに協力を求め、過去の高層建築物にかかる評定資料の開示を得つつ、「建築物の実態に関する調査検討委員会」を設置し、様々な助言を得て、建築物の地下利用の実態の解明に努めた。また、「大深度地下利用技術検討委員会」を設置し、客観的かつ一義的に技術的な事項が特定されるための検討を本格的に始めた。

これらの検討に当たって特に配慮した点は、1点目として、現存する高層建築物を全て網羅するデータベースを構築し、様々な角度からの分析により建築物の自由度の確保に十分に努めたこと、2点目として、実施者が誰であれ、大深度地下が等しく特定できるよう、主観的な要素を排除し、客観的な要素により一義的に判断できるようにしたこと、3点目として、その際、できるだけ、わかりやすく、誤解を生じない単純なモデルになるようにしたこと、4点目として、大深度地下施設に必要な強度等についても、同様に客観的かつ一義的に算定できるようにしたこと、5点目として、最後にこれらの事項について、将来的な技術の進展、情報の蓄積を取り入れる余地をおいたことである。

検討に当たっての大きな課題としては、1つ目は、大深度地下の定義の根幹である支持層の要件を客観的かつ一義的にどのように特定するのかということがあった。これについては、建築物の実態を詳細に調査することにより、支持層の特定方法を定めた。

また、2つ目としては、建築物の荷重が地下施設にどのように影響するのかということがあった。これについては、高層建築物のような大規模な建築物下のトンネルの事例がほとんどないため、既存の理論をもとに安全側の考え方に立ち検討を行い、荷重の算定方法を定めた。

3つ目としては、大深度地下施設にかかる土圧等の荷重をどのように考えるのかということがあった。これについては、大深度地下相当深度を掘削したシールドトンネルにおいて水圧が支配的な荷重であることが報告されているが、これを理論化した実用レベルのものがなく、既存の理論をもとに安全側の考え方に立ち検討を行い、土圧の算定方法を定めた。

このような検討を踏まえ、大深度地下使用技術指針(案)として、表3.1に示す事項をとりまとめた。

表 3.1 大深度地下使用技術指針（案）の構成

第 1 章	総則
第 2 章	大深度地下の特定方法
第 3 章	大深度地下の規模に応じた離隔距離
第 4 章	大深度地下施設の耐力
第 5 章	大深度地下施設の設置に際し考慮すべき事項

なお、（案）としているのは、法律を公布したものの、施行までの間に定める政令、省令、告示等今後の法制度の検討において表現等が変わる可能性があるからである。

本章においては、これら技術指針（案）に定められている事項について、どのような技術的な検討を行い定めたのかを述べる。

大深度地下使用技術指針（案）は解説を添付するスタイルを採用したが、解説は検討過程を追っているものではなく、指針に関係する部分を解説するにとどめており、本章が、どのような思考の過程、検討の過程を経て、技術指針をとりまとめるに至ったのかを明らかにする唯一のものであるといえ、将来の技術的な進歩、知見の蓄積により、大深度地下使用制度について見直しをする際の基礎的な資料となるものと考ええる。

本章では、「3.2 大深度地下の定義の変遷と技術指針の検討に至る経緯」において大深度地下の定義がどのように変遷してきたのか、また、それぞれどのような問題があったのかについて述べ、「3.3 大深度地下使用制度における大深度地下の定義」で大深度地下使用制度において大深度地下をどのような根拠により定義したのかについて、「3.4 大深度地下使用制度で前提とする建築物規模」で大深度地下使用制度で前提とする建築物規模をどのように定義したのかについて、これらの検討過程を述べる。

これを踏まえ「3.5 大深度地下空間の特定方法」で建築物としての地下利用から見た大深度地下の特定方法について、「3.6 大深度地下の施設と建築物の離隔距離」で大深度地下施設の方から要請される建築物との離隔距離について、「3.7 大深度地下施設と地上建築物の相互影響」で地盤の変形によるリバウンドや沈下による影響について、「3.8 大深度地下施設における耐力」において設計荷重の算定方法について、どのような検討を行い、技術基準としてとりまとめるに至ったのかを述べる。

なお、これら検討においては、現行最大規模のトンネル径 15m 以下の単円形シールドトンネルを前提に考えている。NATM の都市部における導入などが考えられるが、大都市における地下水問題を考えると、水密構造でないでこれらの構造は、環境対策を十分行うための技術水準にはまだ達していないと考えられ、また、大都市部では地下水は下水に放流する必要があることから、コスト的にも不利であり、検討対象としなかった。

3.2 大深度地下の定義の変遷と技術指針の検討に至る経緯

3.2.1 1990年頃における大深度地下の定義と問題点

「大深度地下利用」という言葉が登場したのは、1983年に鉄建建設（株）が「深層都市 21 構想」¹⁾を発表した際に定義されたのが最初とされている。この後、「地下深部空間」（1987 年経団連報告書²⁾）、「深層地下空間」（1988 年四全総³⁾）と様々な用語が用いられたが、1988 年に運輸省が発表した「大深度地下鉄道構想⁴⁾」により、「大深度地下」という用語が定着した。

そして、1988 年 6 月の「総合土地対策要綱⁵⁾」において「都心部への鉄道の乗り入れや大都市の道路、水路等社会資本整備の円滑化に資するよう、大深度地下の公的利用に関する制度を創設するため、所要の法律案を次期通常国会に提出すべく準備を進める」ことが閣議決定され、各事業所管省庁（建

設省、運輸省、通産省、厚生省、郵政省、農水省）が、一斉に法案の検討を開始した。

当時、事業所管省庁それぞれが、法案を提出すべく、大深度地下空間をどのように定義するのか検討を行ったが、最終的には運輸省を中心とする５省庁（厚生省、農水省、通産省、運輸省、郵政省）の案と建設省の案の２案に絞られた。

いずれも案も、大深度地下の定義は、①地下室の存する深さより下、かつ、②支持層より下、としており、地下室の存する深さとしては 30m、支持層としては N 値 50 の地盤としている。なお、大深度地下の定義は同じであるが、大深度地下空間の特性の捉え方として、原則補償を要しない空間であるとする５省庁案と個別に判断する必要があるとする建設省案の違いがあった。

この定義では 地下室の建設過程における山留め壁の施工及び支持層への基礎杭の根入れについて考慮されておらず、建築物の地下利用の実態に対する配慮と理解が欠けているといえる。

地下 30m は、国会図書館新館の地下 8 階 30m を参考に定めたようであり、建築物規模については、代表的なものを数例文献調査した程度で、時間不足もあり、技術的に専門的な検討が十分行われたとは考えにくい。

また、前提とする建築物の荷重については、地表面で 30tf/m^2 としているが、地表面 30tf/m^2 では、鉄骨構造でも 20 階（80m）程度の建築物の建築が限度であり、超高層建築物の建設の可能性について配慮されたものとなっていない。

これは、法令上の最大の容積率 1000%にたいして、商業地等の建ぺい率が 80%あれば、10 数階の建築物で容積を使い切ることができるという机上の計算をもとに定めたもので、総合設計制度、特定街区制度等の推進策による建築物の高層化の現状及び実態について十分に理解をしたものとなっていない。表 3.2 に示す大深度地下の定義の変遷からもこの点は明らかに見てとれる。

1990 年頃の制度の検討においては、建築物サイドからの参画はなく、事業を推進する立場からの検討が中心で、地権者の権利保護について十分な配慮がされたかどうか疑わしい。また、法制化の検討を性急に行ったため、建築物の実態を十分に調査できておらず、技術的にも不十分になったものと考えられる。

このような法制度の検討に対して、1991 年より建設省住宅局の依頼を受けた（財）日本建築センターが高層建築物の実態調査^⑧を実施したが、法制化が事実上とん挫した後の調査であり、また、事業を推進する立場との連携の不足から、建築分野のみの観点から検討されており、大深度地下利用に関する理解が十分されていたとは言い難く、調査結果を大深度地下の定義に反映するに至らなかった。

表 3.2 大深度地下の定義の変遷

	事業省庁案	建設省案	調査会中間報告	調査会答申
検討時期	1990 年頃	1990 年頃	1997 年	1998 年
大深度地下の定義	① or ②の深い方から下の空間	① or ②の深い方から下の空間	① or ②の深い方から下の空間	① or ②の深い方から下の空間
①地下室としての利用	地下室のみ (30m)	地下室のみ (30m)	地下室 (25m) + 離隔距離 (15m) =40m	地下室 (25m) + 離隔距離 (15m) =40m
②基礎ぐいとしての利用	支持層 (N 値 50)	支持層 (N 値 50)	支持層 (要件未定) + 10m	支持層 (要件未定) +10m
建築物荷重の考え方	地表面 30tf/m^2	地表面 30tf/m^2	地表面 30tf/m^2	増加荷重 30tf/m^2
補償の考え方	原則無補償	個別事例即して判断 (無補償以外有)	原則無補償	原則無補償
超高層ビルの可能性	×	×	×	○

3.2.2 臨時大深度地下利用調査会中間とりまとめにおける大深度地下の定義と問題点

臨時大深度地下利用調査会中間とりまとめ⁷⁾においては、1990年の定義と比べ、地下室としての利用についてはその建設過程も考慮したこと、基礎杭については支持層への根入れ等に伴う離隔距離を設定したことの変更が見られる。

地下室としての利用については、東京都消防局がまとめた資料（表 3.4）により地下 25m とし、その離隔距離については、ボーリング、パイピング、盤膨れの掘削底面の破壊現象に対して安全な距離 15m を計算により求め、 $25\text{m} + 15\text{m} = 40\text{m}$ としている。

基礎杭については、支持層が存在することを前提に、杭の根入れ距離等を勘案して支持層上面から 10m とすることとしているが、支持層の具体的な要件や客観的な特定の方法について検証はしていない。

建築物の規模については高層建築物を前提にすべきと明言している一方、荷重については、1990 年頃と同様に、地表面 30tf/m^2 で規定しており、超高層ビルの建設の可能性について配慮されたものとなっておらず、この点については、矛盾を抱えたままであり、答申までの課題としている。

3.2.3 臨時大深度地下利用調査会答申⁸⁾における大深度地下の定義と問題点

筆者が国土庁大深度地下利用企画室に着任したのは、1998 年 1 月 1 日であり、臨時大深度地下利用調査会が答申のとりまとめを行っている最終の段階であった。

当時、大深度地下の定義については、臨時大深度地下利用調査会中間とりまとめ⁷⁾をそのまま引用していたが、着任してすぐに、以下の点について重大な問題があると考えた。

全般的には、

- ①建築物について数例の文献調査したに過ぎず、実際の建築物の実例からのアプローチが不足していること

地下室の利用については、

- ② 25m を超える建築物の地下室があるにもかかわらず、その建設の可能性について検討されておらず、説明ができないこと
- ③深い地下室としての利用目的、利用形態について検討がなされていないこと
- ④計算値より離隔距離を定めているが、実際の建築物の山留め壁の根入れ距離との整合性について検証がなされていないこと

基礎杭としての利用については

- ⑤支持層への根入れについても数例程度の事例で検証しており、建築物の実態との整合性について検証がなされていないこと

建築物規模については、

- ⑥接地圧は、そもそも平均接地圧で考えるのか、最大接地圧で考えるのかが不明なこと
- ⑦高層建築物の建築を前提とすべきとしつつ、荷重については、10 数階程度の建築物を前提としており、矛盾点を解決できていないこと
- ⑧大規模な建築物は、高さの 5 ～ 8% 程度の地下階を設置するのが一般的でかつ望ましいとされているのに対し、荷重分散を考える基面を地表面としていること、

等の問題があると考えた。

とりまとめの最終段階であり、十分な時間がなかったため、急遽、代表的な高層建築物について、様々なデータを収集することとし、施工者、施主等からのヒヤリングにより数十棟程度について、地下掘削規模、山留め壁長、建築物荷重等についてデータの集積を図った。

その結果、①から④の問題については、中間とりまとめにおける定義は、実際の建築物から見ても安全側であることから、大深度地下の定義は中間とりまとめのものを答申にも採用することとした。

しかしながら、建築物荷重の考え方については、超高層建築物が既に多数建設されている現状を鑑み

ると、超高層建築物の建設の可能性を十分説明できなければ、世に受け入れられることは難しいと考え、答申においては、中間とりまとめを見直すこととした。

超高層ビルは、少数の例外を除いて地下階を設置するのが一般的であり、また、適度のアスペクト比（基礎底深さ／軒高）をとることが望ましいとされていることから、地下階が存在することを積極的に評価することとした。

地下施設から見れば、建築物の建設の過程においては、最初は地下掘削により荷重が除荷され、その後、建築物の荷重が載荷されることとなり、最終的には、建築物荷重から排土荷重を除いた荷重が地下施設に作用することとなる。この荷重を増加荷重として新たに定義し、これにより建築物規模を考えることとした。

既存の建築物の調査からは、横浜ランドマークタワーを除く全ての建築物が増加荷重 $30\text{tf}/\text{m}^2$ 以内に収まることから、建築物荷重規模を増加荷重 $30\text{tf}/\text{m}^2$ とした。

当時、建築物荷重の定義の方法としては、増加荷重を概念を導入する方法と地下のある地点で荷重を定める方法とを考えたが、建築分野においても、排土荷重と建築物荷重のバランスをとり、実質的に地盤にかかる荷重を考慮することが一般的であることから、増加荷重の概念を採用した。また、後者の方法では、超高層建築物の建設を考えると $60 \sim 70\text{tf}/\text{m}^2$ 程度の数値とせざるを得ず、既に中間とりまとめにより $30\text{tf}/\text{m}^2$ という数値が公表されている段階で、それを大きく超える数値を採用すること対しては、反発が予想された。

増加荷重の概念自体は、高層建築物として地上部の高さの $5 \sim 10\%$ 程度の地下への根入れ（アスペクト比）が求められていることや、遠藤は「排土荷重 \geq 建築重量を成立させ、平面的にもバランスのとれた荷重分布とすること」⁹⁾としており、地盤沈下の問題から建築物の建築に当たって、極端な荷重のアンバランスを避けることに留意することを踏まえれば、大きな建築物ほど地下を大きく掘削することが通常であり、建築物の規模を特定する方法として増加荷重の概念を採用することは適切であったといえる。

しかしながら、増加荷重を導入し、建築物の建設を、“地下室建設のための除荷→建築物建設の載荷”のプロセスとして、最終的に建築物荷重から排土荷重を除いた荷重が地下施設に作用することとなると考えるのは、土圧について全土被りを考えた場合のものであり、大深度地下地盤のアーチング効果を見込み緩み土圧を採用する場合には、掘削による除荷の影響によらず土圧を一定と考えることができることから、実際の設計では解釈に問題を生じる可能性がある。

答申では、全土被りを採用するのか、緩み土圧を採用するのかは明らかではないが、大深度地下地盤の特性を考えれば、緩み土圧の採用を考えるのが妥当といえ、現実の設計論を展開する際に、増加荷重の概念をそのまま大深度地下施設の設計に持ち込むことはできず、この点をどのように解決するのか、答申後の制度化の検討において大きな課題であった。

これにより、臨時大深度地下利用調査会答申における大深度地下の定義を定めることができたが、今後の課題として残された部分もあり、また、答申では具体的設計手法等まで言及されておらず、客観的かつ一義的に大深度地下空間を定めるにはさらに検討が必要であった。

3.2.4 臨時大深度地下利用調査会答申から技術指針に至る経緯

臨時大深度地下利用調査会答申を踏まえ、国土庁を中心として法制度の構築を進めることとなり、答申で未解決な技術的事項について明らかにする作業に着手した。

まず、第一に必要な作業と考えたのは、建築物の地下利用の実態を明らかにすることである。建築物の実態を十分踏まえることが、説得力のある制度となるためには不可欠と考えたが、答申のとりまとめ段階での高層建築物の施主、設計者、施工者のヒヤリングを実施した印象では、過去の資料が十分に管理されておらず、建築物の諸元についてはわからない物件が多く、どのように網羅的な調査を実施するのかが問題であった。

軒高 60m を超える建築物は、その設計について建設大臣の承認を得る必要があり、この事務を（財）日本建築センターが高層評定として実施していることから、所管する建設省住宅局と（財）日本建築センターに依頼し、個別案件のデータについては公開しないことを条件に、非公開のデータも含めて蓄積されている全資料について開示を受けることができた。これにより、全高層建築物の構造について、詳細なデータを入手することができた。

次に必要な作業としては、未解決な技術的事項を技術指針としてとりまとめることであり、このための専門の機関として「大深度地下利用技術検討委員会」を設置した。大深度地下使用制度は技術と法制とが密接に関係する法制度でもあることから、原案については筆者が作成し、これを委員会に提示し意見を頂くというかたちで検討を行い大深度地下利用技術指針（案）をとりまとめた。

特に、先述の増加荷重の扱いについては、増加荷重 30tf/m^2 の数値を採用しつつ、建築物荷重を増加荷重と排土荷重により再定義し、実際の設計に用いることとして解決した。

また、これと平行して内閣法制局と法案の内容について、法制面、技術面から協議を行い、大深度地下の公共的使用に関する特別措置法案の条文を作成した。

この検討が終了した段階で初めて、十分、運用に耐えうる技術的なレベルまで検討が進んだといえた。

3.3 大深度地下使用制度における大深度地下の定義

臨時大深度地下利用調査会答申において、大深度地下は「土地所有者による通常の利用が行われない地下」と定義されており、通常の利用としては、①建築物の地下室、基礎としての利用、②井戸、温泉井としての利用、③公共公益施設による利用を取り上げている。

①の井戸、温泉井による利用について、制度の対象となる三大都市圏では、地盤沈下防止の観点から井戸の掘削に対して厳しい規制がかけられており、ピーク時には年間数百本掘られた深井戸も、近年では、防災用井戸を除けば数本程度掘削されているに過ぎず、土地の利用形態として一般化するとは考えられないことから、大深度地下の定義を考える上では考慮していない。

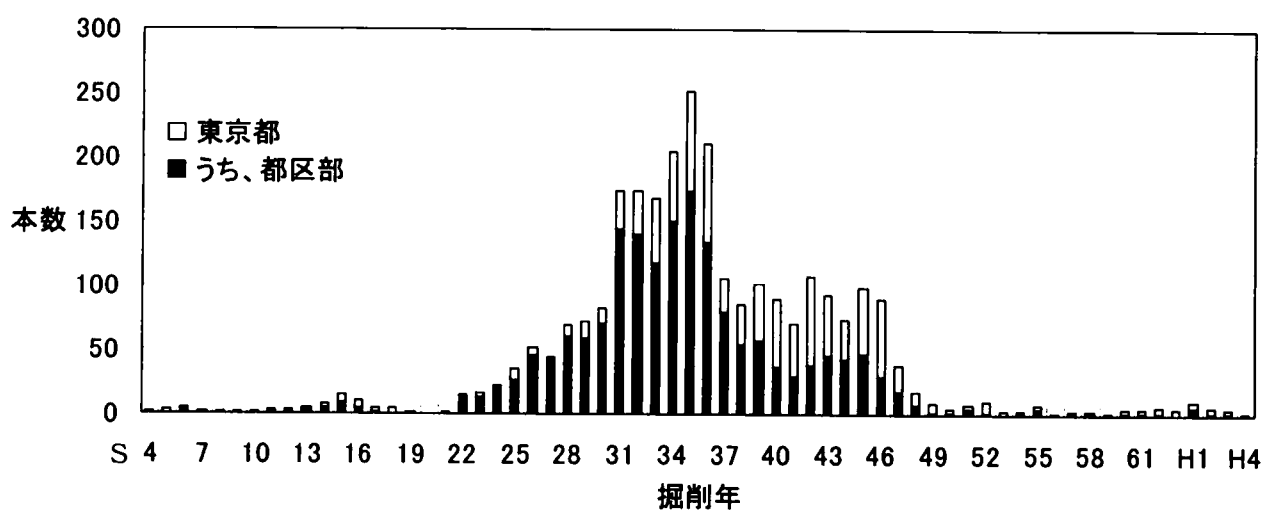
井戸の掘削数については、近代的な井戸掘削が本格的に行われるようになった昭和初期以降の 30m を超える井戸の掘削が、深井戸台帳として整理されていることから、これをデータベース化し、検討した。

図 3.1 に深井戸台帳に整理されている東京都内における 30m 以深の深井戸の掘削本数の推移を示す。最盛期には年間 200 本以上の深井戸が掘削されていたが、1971 年から 1972 年にかけて、段階的に井戸のストレーナ深度を 400m から 650m 以深とする規制が行われ、実質的に井戸の掘削が禁止されてからは、年に数本程度が掘削される状況となっている。

また、深井戸台帳は 10 年おきに作成されており、近年の掘削数の推移がわからないため、自治体にヒヤリングを行い、動向を把握した。

図 3.2 に東京都内における近年の井戸の掘削数の推移を示す。阪神淡路大震災以降、井戸の掘削は急増しているが、このほとんどは、行政による防災用井戸であり、このような井戸については、後述の通り③の公共公益施設として別途調整の規定を設けることとしており、これを除けば現在の井戸の掘削本数は年間数本程度であることから、井戸については、大深度地下の定義を考える上では考慮していない。ただし、既存の井戸に対しては、事業に当たって、補償を支払い権利を取得することとしている。

なお、大阪市域では、室戸台風の翌年の 1962 年より、名古屋市域では 1974 年より、ストレーナ深度を規制するなど、実質的に新規の井戸の掘削が禁止されており、東京都と同様、年に数本の井戸が掘削される程度となっている。



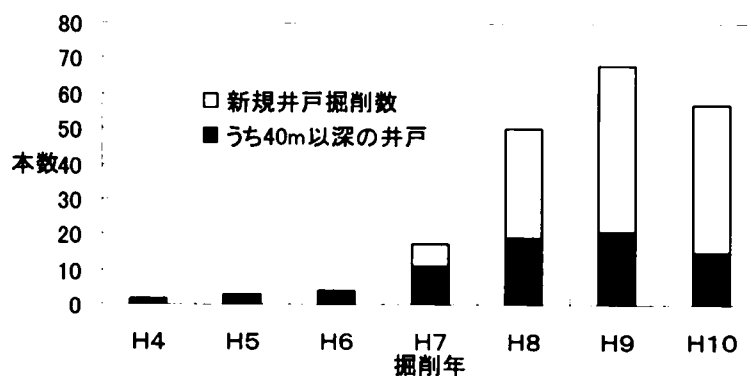
注：掘削年不明の井戸を除いてグラフ化した。

井戸本数は当該年に掘削された井戸の本数である。

資料：「全国地下水（深井戸）資料台帳 各年版」国土庁土地局国土調査課より作成。

同台帳は、国土調査法に基づき実施されている調査であり、深さ 30m 以上の深井戸を対象に、新規井戸の掘削を台帳化している。昭和 20 年代の第 1 次調査よりほぼ 10 年周期で実施されている。

図 3.1 深井戸の掘削数の推移（東京）

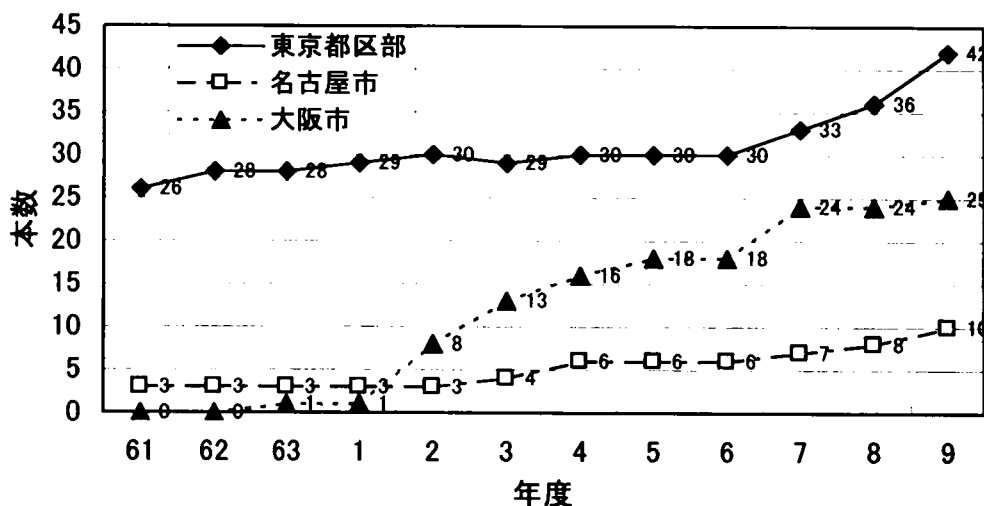


資料：東京都への聞き取りにより作成。

東京都内における新規の井戸掘削数。

図 3.2 近年の井戸の掘削数の推移（東京）

温泉井についても、大都市圏においては、1000m ほど掘削すれば湧出するものの、新たに掘削される温泉井は図 3.3 に示すように年に数本程度である。また、温泉井の掘削には、多額の費用（約 1 億円/本）がかかること、都道府県知事の許可が必要なこと、東京都では条例などで新規の温泉井の掘削に新たに規制が設けられていることから、土地の利用形態として一般化するとは考えられず、大深度地下の定義を考える上では考慮していない。ただし、既存の温泉井に対しては、事業に当たって、補償を支払い権利を取得することとしている。



資料：各自治体への聞き取り調査により作成。

図 3.3 大都市圏における温泉掘削数の推移

③の公共施設については、事業種、規模によって、その構造、設置深度、もたらす荷重、考慮すべき事項が様々であり、どの深度であれば利用されないか等について一般化できないことから、大深度地下使用制度においては、定義の問題としてよりも、むしろ、事前に他の公共施設との調整の規定をおくことにより対処することとし、大深度地下の定義を考える上で考慮していない。

逆に、①の建築物の地下室、基礎としての利用は、その構造、規模等について、建築構造の技術的特性、建築物の経済性から一般化が可能であり、この点をとらえて大深度地下の定義を行っている。

建築物の地下利用の形態は、①地下室としての地下利用と②基礎の設置のための地下利用が考えられ、大深度地下法では、それぞれの建設過程も考慮し、法律において、

(定義)

第2条 この法律において「大深度地下」とは、次の各号に掲げる深さのうちいずれか深い方以上の深さの地下をいう。

- 一 建築物の地下室及びその建設の用に通常供されることがない地下の深さとして政令で定める深さ
- 二 当該地下の使用をしようとする地点において通常の建築物の基礎ぐいを支持することができる地盤として政令で定めるもののうち最も浅い部分の深さに政令で定める距離を加えた深さ

と大深度地下を定義している。

この政令で定める事項については、第一項の「政令で定める深さ」として地下 40m を、第二項の「基礎ぐいを支持することができる地盤」として杭の許容支持力度 2500kN/m² を有する地盤及び「政令で定める距離」として 10m が定められている。

この大深度地下の定義をもとに、技術的な検討を行うには、建築物の基礎構造などについて詳細に調査する必要があった。

軒高 60m 以上の建築物や特殊な構造の建築物は、建築基準法の定めにより建設大臣の認可を受ける必要があるが、この技術的審査を(財)日本建築センターが建築評定として行っており、この審査における高層建築物の構造などに関する資料が保存されていることから、これを過去にさかのぼって 1 件 1 件データベース化し、建築物の地下利用の実態を明らかにした。

作成したデータベースの一覧を表 3.3 に示す。なお、このような高層建築物全てを網羅するデータベースが構築され、詳細に検討されたのは、今回が初めてである。

表 3.3 建築物のデータベース一覧

データベース名	対象	収録データ	収録件数
①高層評定全体データベース	全国	1965 から 1999.7 に高層評定を受けた軒高 60m 以上の全建築物(除く煙突,展望塔,発電所)	1349 件
②超高層データベース	三大都市圏	①のうち軒高 150m 以上の建築物	46 件
③地下 5 層以上データベース	三大都市圏	①のうち軒高 150m 未満、地下 5 階以上の建築物	27 件
④地下階なしデータベース	三大都市圏	①のうち軒高 100m ～ 150m、地下階がない建築物	5 件
⑤地盤アンカーデータベース	全国	基礎評定による地盤アンカーを設置した建築物	53 件

3.3.1 地下室の建設のための利用が通常行われない深さの定義

建築物の地下室の地下利用としてはその建設過程も考慮し、地下室としての利用の深さに、山留め壁等の仮設構造物の建設に支障が生じないようにその根入れを加えた深さにより定義することとした。

このため、現行最大規模の地下階の規模を特定し、その建設に必要な山留め壁の根入れを計算し、両者を足し合わせることで、地下室の建設のための利用が通常行われない深さを求めた。

地下階の階数について調べると、表 3.4 に示す通り、土地利用が最も稠密な東京においても、既存建築物の 99.9%までが地下 4 階の規模に収まっている。一般的に地下階の階高は 3 ～ 4 m であるが、余裕を見て 5m と仮定し、地下階としての利用を 5m × 4 階 = 20m と定め、これに実例における基礎スラブの厚さ 5m を加えて地下室としての利用の深さを 25m と考えた。

表 3.4 東京都における地下室の階層分布

	東 京 都				東 京 都 区 部			
	建築物数	各階割合 (%)	累積数 (C)	累積割合 (%)	建築物数	各階割合 (%)	累積数	累積割合 (%)
地下 1 階	52,399	88.77 (40.21)	52,399	88.77 [94.91]	45,001	88.02 (34.54)	45,001	88.02 [95.30]
" 2 階	5,397	9.14 (4.14)	57,796	97.91 [99.06]	4,938	9.66 (3.79)	49,939	97.68 [99.09]
" 3 階	869	1.47 (0.67)	58,665	99.39 [99.72]	834	1.63 (0.64)	50,773	99.31 [99.73]
" 4 階	261	0.44 (0.20)	58,926	99.83 [99.92]	254	0.50 (0.19)	51,027	99.81 [99.92]
" 5 階	78	0.13 (0.06)	59,004	99.96 [99.98]	76	0.15 (0.06)	51,103	99.96 [99.98]
" 6 階	18	0.03 (0.02)	59,022	99.99 [99.99]	18	0.04 (0.01)	51,121	99.99 [99.99]
" 7 階	4	0.01 (0.00)	59,026	99.99 [99.99]	4	0.01 (0.00)	51,125	99.99 [99.99]
" 8 階	1	0.00 (0.00)	59,027	100 [100]	1	0.00 (0.00)	51,126	100 [100]
計	59,027 (B)	100 (45.30)	—	—	51,126	100 (39.03)	-	
参考：地上 4 階以上の建築物数	130,302 (A)				111,625			

注 1：東京都は、東久留米市と稲城市及び島部を除く。

2：建築物は、建築基準法における建築物である。したがって、地下鉄駅（コンコースを除く）等も含まれる。また、一般住宅は除く。

3：表中の各階割合の（ ）の値は、地上 4 階以上の建築物数で割った値である。

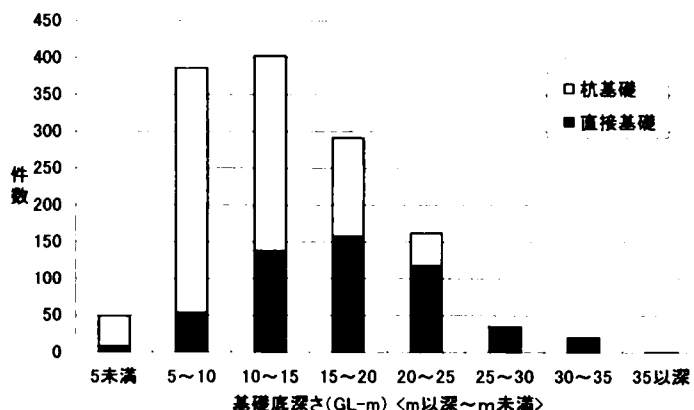
4：累積割合の [] の値は、地上 4 階以上の建築物数から各地下階を有する建築物数を引いた値を、地下階を持たない建築物数として仮定し、これを含めた累積数を地上 4 階以上の建築物で割った値である。

資料：「東京消防庁統計書（東京消防庁）」（平成 9 年 12 月末現在）をもとに作成。

これより、既存建築物の基礎底深さは地表から 25m の規模にほぼ収まると考えることができる。

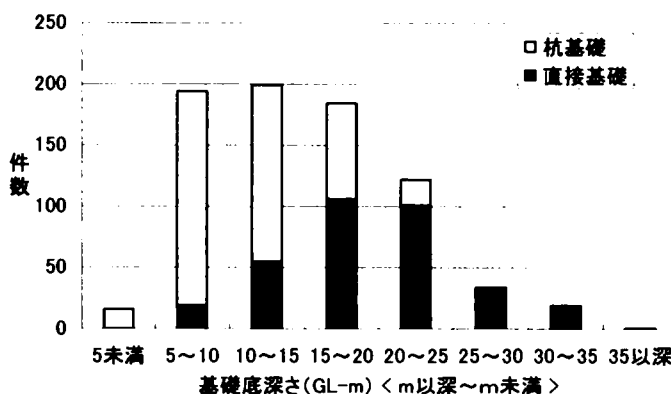
高層建築物に限っても、図 3.4 に示す通り、96%が基礎底深さ 25m 未満であり、図 3.5 に示す通り土地利用が稠密な首都圏においても 93%が 25m 未満で、大部分が 25m の規模に収まっていることがわかる。

なお、基礎底深さが 25m を超えるものは、ほとんどが直接基礎形式であり、直接基礎の場合は支持層まで掘り下げる必要があるため、深くせざるを得ないケースがあるが、掘り下げる必要がない杭基礎では、地下室の深さはある程度の深さにとどまることがわかる。



資料：高層評定全体データベースより作成。

図 3.4 基礎底深さと基礎形式（全国 1349 件）



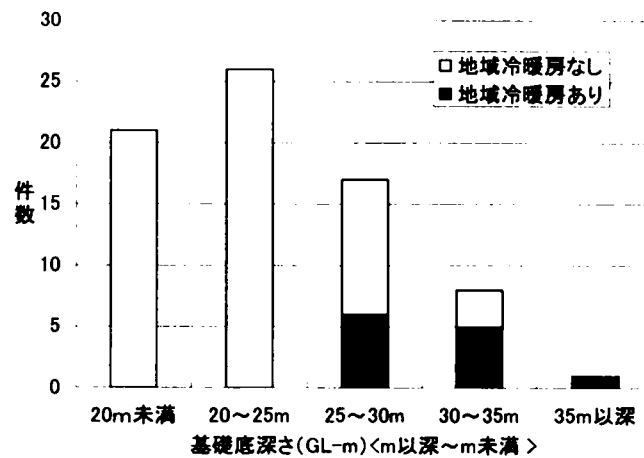
注：首都圏は、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県の1都3県。

資料：高層評定全体データベースより作成。

図 3.5 基礎底深さと基礎形式（首都圏 770 件）

超高層データベース及び地下5層以上データベースから基礎底深さが 25m を超えるものについて、その地下階の用途を詳細に検討すると、図 3.6 に示す通り、深くなればなるほど地域冷暖房等の公共的な施設を併設していることがわかる。このような公共的な施設は、単独で設置できる敷地の確保が難しいことから建築物の建設に併せて、地下に設置されており、床面積が容積率に含まれないこと、税制、融資、補助の面で優遇措置があることから、今後とも増加する傾向にあるといえる。しかしながら、前述の通り公共公益施設については、別途調整の規定を設け、大深度地下の定義の対象外とし

ていることから、25mの規模を超える地下室は現存するものの、現行最大規模の建築物の基礎底深さを25mと定めたとしても特段問題がない。



資料：超高層データベース及び地下5層以上データベースをもとに作成。

図 3.6 基礎底深さと建築物数

建築物の基礎底深さを25mとした場合、地下掘削に伴う山留め壁の根入れがどの程度必要かということについては、表3.5に示す通り、地下水位をGL-10m、 $\gamma = 18\text{kN/m}^3$ と仮定し、掘削底面のボーリング、パイピング、盤膨れのそれぞれの破壊現象を防止するために必要な根入れ長及び地盤改良深さを検討した結果から、15mが必要とした。

【前提条件】

土質は砂礫とした（湿潤単位体積重量 $\gamma_s = 18\text{kN/m}^3$ 、水中単位体積重量 $\gamma'_s = 8\text{kN/m}^3$ ）。

地下水位は地表面下10m (GL-10m)とした。

ボーリングの安全率は1.5、パイピングのクリープ比は2.0、盤膨れの安全率は1.1とした。

表 3.5 基礎底深さ25mの建築物建設に必要な山留め壁の根入れ長の検討結果

	地盤改良を行わない場合		地盤改良を行う場合	
	ボーリング (Terzaghi)	パイピング	盤膨れ 摩擦抵抗考慮	パイピング
根入れ長 (m)	14.1	7.5	3	7.5
掘削深さ (m)	25	25	25	25
地盤改良厚 (m)	0	0	11	0
地盤改良を含む最 下端の深さ (GL-m)	39.1	32.5	36	32.5

検討はトンネル標準示方書〔開削工法編〕¹⁰⁾に基づいた。同示方書では、掘削底面の破壊現象としては、ボーリング、盤膨れ、パイピングの3つを挙げており、支持層は砂礫層であることが多いことから、砂礫地盤を想定し、

①根入れ先端部掘削面側の地盤改良をしない場合→ボーリング、パイピング

②根入れ先端部掘削面側の地盤改良をする場合→盤膨れ、パイピング

が発生する可能性について検討した。

これ以外の各種指針においても、山留め壁等の根入れ長の算出方法は同様であり、根入れ長の決定要因は、主に砂質土では Terzaghi の方法によるボーリング、粘性土では荷重バランス法になっている。

砂質土の場合の Terzaghi の方法によるボーリングの安全率の取り方は、表 3.6 に示す通り、1.2 ～ 1.5 までと幅があり、建築物を建設する際に一般的に参考とする山留め設計施工指針¹⁾においては、安全率の考え方は明確にされていないが、参考資料の計算例では 1.2 が採用されている。

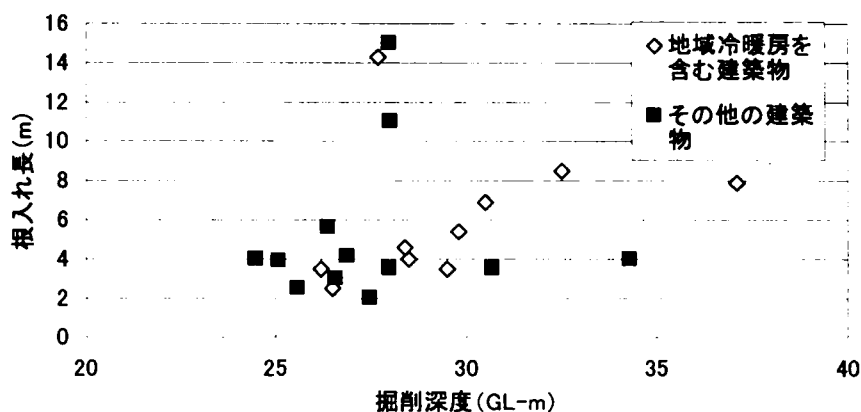
しかしながら、本検討においては、安全側に考え、安全率は 1.5 を採用した。

表 3.6 各基準・指針等のボーリングの安全率

安全率	各基準・指針等
1.2	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削土留工設計指針（鉄道総合技術研究所 平成2年） ・深い掘削土留工設計法（日本鉄道技術協会 平成5年） ・山留め設計施工指針（日本建築学会 昭和63年）（計算例にて1.2を例示）
1.5	<ul style="list-style-type: none"> ・共同溝設計指針（日本道路協会 昭和61年） ・首都高速道路 仮設構造物設計基準（首都高速道路厚生会 平成2年）
1.2 ～ 1.5	<ul style="list-style-type: none"> ・トンネル標準示方書（開削編）（土木学会 平成8年）
特に明記せず	<ul style="list-style-type: none"> ・大深度土留め設計・施工指針（案）（先端建設技術センター平成6年）
土留め形状に関する補正係数を考慮して安全率を算出する	<ul style="list-style-type: none"> ・道路土工仮設構造物工指針（日本道路協会、平成11年）

実際、基礎底深さが 20m を超える既存の建築物について、施主や施工者に対する聞き取り調査により、その根入れ長を調べると、図 3.7 のように、根入れ長は 5m 程度のものが多く、地表面より 40m の距離があれば事実上 30m 程度の大規模掘削も可能となっており、30m 規模の地下室の建設も支障がないことがわかる。

グラフ中、根入れ長が長いものも数例あるが、これは、近接して著名な緑地がある場合など地下水を保全することが特に要請され止水壁を深く根入れしたものである。



資料：施主、施工者へのヒヤリングによる。

図 3.7 掘削深度と建築物の根入れ

したがって、建築物の基礎底深さ 25m に、山留め壁の根入れを考慮した深さ 15m を加え、建築物の地下室の利用から求められる大深度地下の深さを 40m 以深と定義を行ったが、現実的には前提とした地下 25m を超える 30m 規模の地下室の建設も十分可能となっている。

3.3.2 建築物の基礎ぐいの設置のための利用が通常行われない深さの定義

既存の超高層ビルも含めて、建築物を支持する地盤（支持層）より下では基礎の設置が行われない。

基礎の形式には、直接基礎形式、杭基礎形式があるが、直接基礎形式の場合は、3.3.1 の定義により地下 40m の規模に収まることから、40m より深い地下利用として、「建築物の基礎ぐいの設置のための利用が通常行われない深さ」を特定すればよい。

このためには杭基礎の支持層を特定し、支持層までの深さに、杭の根入れ量と杭と大深度地下施設との物理的な干渉を避けるために必要な距離（離隔距離）を加えた深さを特定する必要がある、これを「建築物の基礎ぐいの設置のための利用が通常行われない深さ」と定義した。

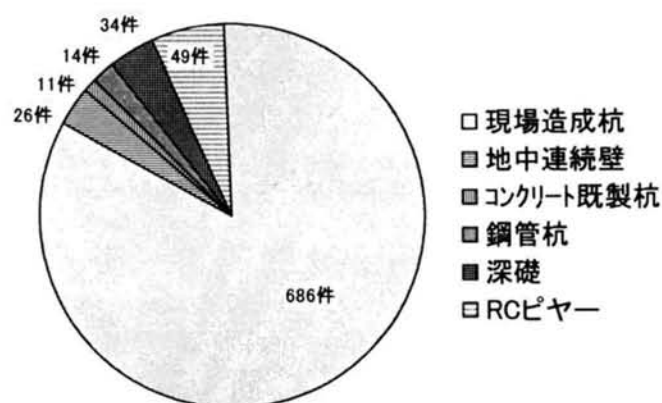
ここで、どのように客観的、一義的に離隔距離を定義するのかが問題となる。杭の先端から必要な離隔距離を定めるのが、理解しやすく、一般的と考えることもできるが、杭径やその他の要因により杭先端位置は建築物によって様々であり、客観的、一義的に定めることができないことから、大深度地下使用制度においては、地盤条件から客観的かつ一義的に定めることができる支持層上面を基準とし、これに離隔距離を加えることとした。

高層建築物の場合、図 3.8 に示す通り、杭種としては、現場造成杭（場所打ち杭）を採用しているものがほとんどであり、また、場所打ち杭においては、支持層への杭先端の接地面積を確保するためや杭の引き抜き防止のため、杭基礎の下部を軸部より拡幅する形式の拡底杭が採用される場合が多い。

支持層への杭の根入れについては、場所打ち杭の場合、「支持地盤中に 1.0m かつ杭径の 1/2 以上貫入した場合にその先端N値を採用できる」（建築構造設計指針（東京都建築構造行政連絡会）¹²⁾、基礎設計に関する指導基準（大阪府特定行政庁連絡会議）¹³⁾）となっており、多くの高層建築物の設計がこれによっている。

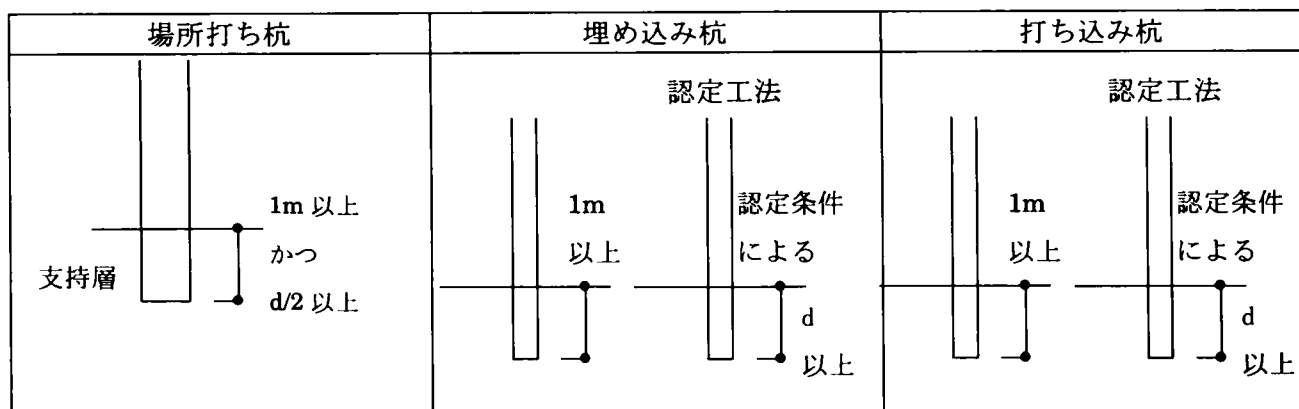
表 3.7 に示す通り、実績では、最大規模の杭の径は拡底部で 4m、軸径で 3m であり、この場合、杭径の 1/2 である 2m 程度の根入れがあれば先端N値を採用できることから、支持層への根入れとして 2m を考えた。

この他、図 3.9 に示す通り、ハンマーの打撃エネルギーにより根入れ量を算定する打ち込み杭、杭径相当の根入れを必要とする埋め込み杭等が採用されている場合もあるが、これらの杭の径の大きさは最大でも 1m 程度であり、場所打ち杭の根入れ量を大きく超えるものではない。また、建築物にこれらの杭種の杭が用いられることは現在ではまれである。



資料：高層評定全体データベースのうち杭基礎形式の建築物について作成。

図 3.8 杭種の割合



注:dは杭径

図 3.9 杭種と支持層への根入れ深さの考え方

表 3.7 に示す実例からは、地震時などの荷重に対して、杭の引き抜き防止のため、深く杭を根入れしているものも見受けられるが、ほとんどのものが最大 5m 程度の範囲に収まっており、5m 程度の根入れを想定しておけば十分といえる。

表 3.7 高層建築物の杭種、杭径、杭の根入れ量

番号	建設地	地上階数	地下階(注1)	軒高(m)	基礎底(GL-m)	杭種別	最大杭径	杭先端深さ(GL-m)	根入れ長さ(m)
1	大阪府 泉佐野市	56	2	254	12.7	場所打ちコンクリート杭	軸部径2.5m, 拡底径4.1m	62~65	1~4
2	大阪府 泉佐野市	56	2	254	12.5	場所打ちコンクリート杭	軸部径2.5m, 拡底径4.1m	67~69	0.5~3.5
3	大阪市 住之江区	52	3	250	16.3	場所打ち鋼管コンクリート杭	軸部径1.8m, 拡底径3.0m	64.5	1.5
4	名古屋市 中村区	51	4	233	23.8	場所打ちコンクリート杭, 連続地中壁杭	軸部径2.4m, 拡底径4.0m, 連続地中壁厚1.5m	43.8	1.3
5	東京都 中央区	47	4	199	23.4	場所打ちコンクリート杭	軸部径1.9m, 拡底径3.0m	29	1.5
6	大阪市 港区	50	3	188	17.5	場所打ちコンクリート杭	軸部径2.2m, 拡底径3.3m	54	3.4
7	埼玉県 川口市	55	1	186	8.3	場所打ちコンクリート杭, 連続地中壁杭	径3.0m, 連続地中壁厚さ1.5m	47.4	4.25
8	大阪市 北区	43	3	176	15.7	場所打ちコンクリート杭	軸部径2.2m, 拡底径3.5m	30および48	1.5
9	大阪市 北区	40	5	175	21.3	場所打ちコンクリート杭, 連続地中壁杭	軸部径2.4m, 拡底径4.1m, 連続地中壁厚1.5m	27.0, 47.0	1.9
10	千葉市 美浜区	49	2	175	11.7	場所打ちコンクリート杭	軸部径2.6m, 拡底径3.4m		3m以上
11	東京都 中央区	54	3	170	19.0	場所打ちコンクリート杭	軸部径2.4m, 拡底径3.8m	46	9
12	大阪市 北区	39	3	170	16.5	場所打ちコンクリート杭, 壁杭	軸部径2.4m, 拡底径4.1m, 壁杭2.0m×4.0m	37	1
13	大阪市 北区	40	2	166	11.1	場所打ちコンクリート杭	軸部径2.6m, 拡底径4.0m	28	0
14	東京都 江東区	37	2	161	15.4	場所打ちコンクリート杭, 連続地中壁杭	軸部径2.0m, 拡底径3.4m, 連続地中壁厚1.5m	49	8
15	名古屋市 北区	45	-	160	4.8	場所打ちコンクリート杭, 連続地中壁杭	軸部径2.0m, 拡底径3.3m, 連続地中壁厚1.5m	25.8	9.7
16	東京都 中央区	50	2	159	15.1	場所打ちコンクリート杭, 連続地中壁杭	軸部径2.3m, 拡底径4.1m, 連続地中壁厚1.5m	34.0	0.7
17	大阪市 港区	50	2	157	11.4	場所打ちコンクリート杭	軸部径2.6m, 拡底径3.8m	54	4.2
18	大阪市 中央区	38	1	150	10.7	場所打ちコンクリート杭	軸部径3.0m, 拡底径3.5m	27.0, 29.0	1~3
19	大阪市 中央区	37	2	150	11.2	場所打ちコンクリート杭, 鋼管コンクリート杭	軸部径2.6m, 拡底径4.1m	18.5~21.5	1
20	大阪市 平野区	40	-	141	9.0	場所打ちコンクリート杭	軸部径2.8m, 拡底径3.7m	46.5	1.3
21	大阪市 都島区	36	-	103	6.5	ベノト杭	径1.4m		4
22	大阪市 都島区	36	-	103	6.5	ベノト杭	径1.4m		4
23	埼玉県 与野市	35	-	103	9.0	場所打ちコンクリート杭	軸部径1.9m, 拡底径3.4m	46.5	2
24	埼玉県 富士見市	31	-	101	4.2	場所打ちコンクリート杭	軸部径2.0m, 拡底径3.5m	33	2.3

注: 一は地下階なし。

空欄は上記資料において記載のないもの。

資料: 超高層データベース及び地下5層以上データベースのうち杭基礎形式の建築物

また、杭の施工においては、支持層を損傷しないこと、大都市では周辺の振動、騒音等の被害を生じないようにすることから、柱状に掘削した部分をコンクリートで置き換える静的な杭の打設工法（場所打ち杭）が一般的に採用されている。

このような工法においても、杭の着底面から下方の地盤を乱さないことが前提となっていることを

考えれば、既存の大深度地下施設と物理的な干渉を避けるためには数 m 程度の離隔をとる必要があるといえる。よって、支持層の上面から 10m の離隔距離を見ておけば十分安全側であるといえることから、大深度地下施設の支持層上面からの離隔距離を 10m とした。

なお、離隔距離については、杭の支持力機構を維持するための観点から定まるのではないかと考えることもできるが、大深度地下施設は、地上の建築物に対しても十分な耐力を有する構造とするため、支持力機構には影響を与えないと考えた。

3.3.3 大深度地下の定義のまとめ

3.3.1 において地下室としての利用から定義した地下 40m 以深、3.3.2 において基礎としての利用から定義した支持層上面から 10m 以深のいずれか深い方から下が大深度地下となる。これを図に示すと図 3.10 の通りである。

支持層位置で判断すると、支持層が浅い場合（支持層上面が地下 30m より浅い場合）は 3.3.1 により地下 40m 以深が、支持層が深い場合（支持層上面が地下 30m 以深の場合）は 3.3.2 により支持層上面から 10m 以深が大深度地下となる。

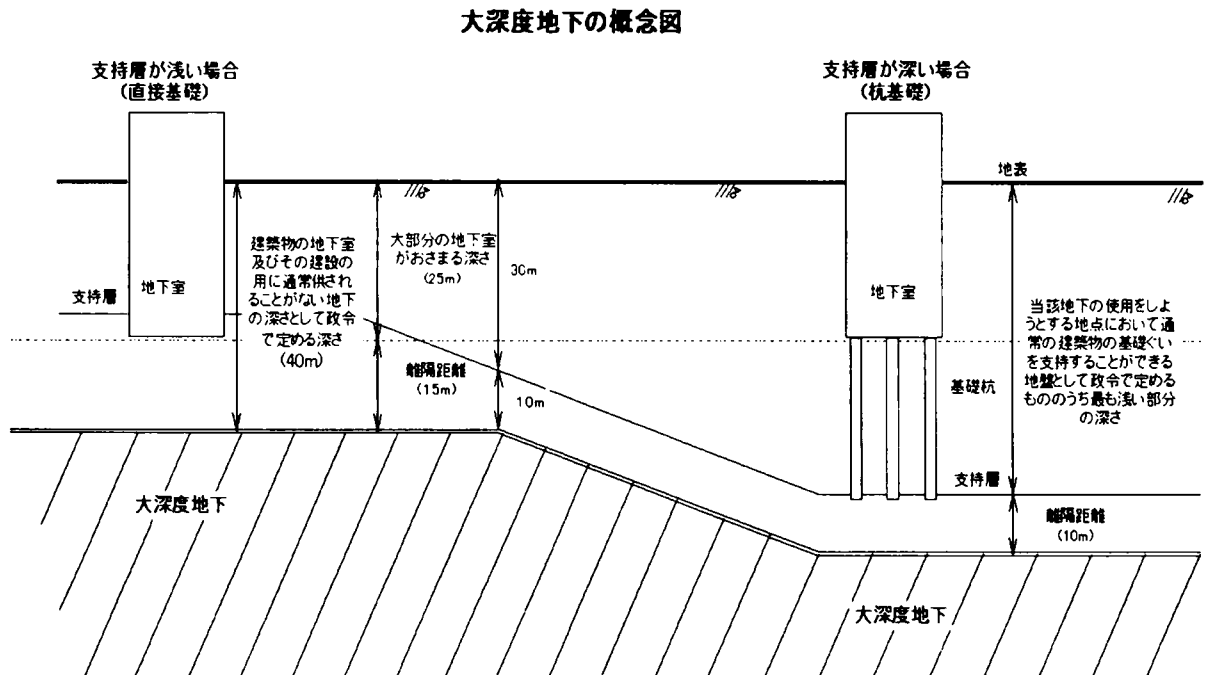


図 3.10 大深度地下の定義図

3.4 大深度地下使用制度で前提とする建築物規模

大深度地下法第 2 条及び第 16 条では、建築物規模を示す用語として「通常の建築物」が用いられている。技術的な検討を行うためには、この「通常の建築物」を具体的な数値でもって定義する必要がある。技術指針の検討の上で必要な数値は、①建築物の基礎底深さ、②建築物の載荷面規模（載荷面面積と形状）、③建築物の荷重の 3 つである。

①の建築物の基礎底深さについては、3.3.1 において検討した結果から建築物の基礎底深さを 25m とした。

②の建築物の載荷面規模については、横浜みなとみらい地区に建設されている横浜クィーンズスクエアのように40000㎡の同一の基礎スラブに複数の建築物を載せる例や、新宿に建設されているオペラシティビルのように高層棟部分と低層棟部分とで基礎底深さが異なる例があるが、載荷面規模は大深度地下施設の耐力などを算定する際に必要となるものであることから、大きな荷重を発生させる高層棟のみにについて考えることとした。

データベースからは、表3.8に示す通り、既存の超高層建築物の高層棟の載荷面面積は最大でも5000㎡程度である。形状については、長辺と短辺の比は様々であるが、大きな荷重を発生させている高層建築物については、長辺と短辺の長さを大きく変えずに、正方形に近い形状を採用しているものが多い。したがって、最大の高層建築物である横浜ランドマークタワーを参考に、建築物の載荷面規模は70m×70mとした。

表3.8 超高層ビルの高層棟の平面規模

直接基礎形式								杭基礎形式							
番号	建設地		地上階数	地下階数	軒高	掘削深さ(m)	掘削規模(m) (注1)	高層棟規模(m) (注2)	建設地	地上階数	地下階数	軒高	掘削深さ(m)	掘削規模(m) (注1)	高層棟規模(m) (注2)
1	横浜市	西区	70	3	282	24.0	75 × 75	63 × 63	大阪府 泉佐野市	56	2	254	12.7	145 × 74	34 × 60
2	東京都	新宿区	48	3	242	20.0	134 × 70	108 × 44	大阪府 泉佐野市	56	2	254	12.5		34 × 60
3	東京都	渋谷区	27	3	240	20.5	104 × 57	38 × 38	大阪市 住之江区	52	3	250	16.3		54 × 35
4	東京都	新宿区	52	5	227	28.0	190 × 64~90	122 × 45	名古屋市 中村区	51	4	233	23.8	63 × 67	54 × 48
5	東京都	豊島区	60	3	226	23.0	71 × 44	72 × 44	東京都 中央区	47	4	199	23.4	67 × 67	48 × 48
6	東京都	渋谷区	54	4	222	28.4	80 × 57	57 × 58	大阪市 港区	50	3	188	17.5	50 × 31	50 × 15
7	東京都	新宿区	55	5	216	27.5	141 × 109	63 × 42	埼玉県 川口市	55	1	186	8.3		43 × 43
8	東京都	新宿区	55	3	211	20.0	121 × 90	46 × 60	大阪市 北区	43	3	176	15.7		31~57 × 37
9	東京都	新宿区	53	5	203	28.0	96 × 70	52 × 34	大阪市 北区	40	5	175	21.3		64 × 32
10	東京都	新宿区	52	4	200	20.5	101 × 90	対角59m(三角形)	千葉県 美浜区	49	2	175	11.7		45 × 32
11	大阪市	中央区	43	3	196	22.6	160 × 122	64 × 58	東京都 中央区	54	3	170	19.0	56 × 41(全棟)	56 × 40
12	東京都	中央区	44	4	195	30.5	192 × 69~129	52 × 53	大阪市 北区	39	3	170	16.5		62 × 58
13	東京都	新宿区	43	6	193	26.7	98 × 58	66 × 30(22F)	大阪市 北区	40	2	166	11.1		54 × 27
14	東京都	千代田区	44	4	184	28.3	170 × 75	102 × 51	東京都 江東区	37	2	161	15.4	156 × 65(全棟)	47 × 47
15	東京都	港区	39	3	180	24.4	67 × 65	47 × 64	名古屋市 北区	45	-	160	4.8	50 × 31	50 × 31
16	東京都	新宿区	44	4	179	26.9	150 × 129	94 × 41	東京都 中央区	50	2	159	15.1	107 × 65(全棟)	42 × 42
17	東京都	新宿区	47	3	170	19.8	80 × 84	26 × 80	大阪市 港区	50	2	157	11.4	69 × 69	21 × 31
18	東京都	渋谷区	41	6	169	34.3	124 × 74	43 × 43	大阪市 中央区	38	1	150	10.7	55 × 47	38 × 38
19	東京都	新宿区	34	3	162	23.0	115 × 58	96 × 45	大阪市 中央区	37	2	150	11.2	124 × 111	28 × 67
20	東京都	目黒区	40	5	162	27.0	83 × 61	76 × 54	大阪市 平野区	40	-	141	9.0	50 × 50	50 × 50
21	東京都	港区	35	3	158	22.2	50 × 52	37 × 37	大阪市 都島区	36	-	103	6.5		
22	横浜市	西区	36	5	157	32.5	313 × 132(全棟)	52 × 42(A棟)	大阪市 都島区	36	-	103	6.5		
23	東京都	港区	40	3	152	18.6	88 × 83	51 × 48	埼玉県 与野市	35	-	103	9.0	61 × 59	42 × 42
24	東京都	港区	34	2	152	19.4	52 × 58	36 × 47	埼玉県 富士見市	31	-	101	4.2	41 × 41	39 × 39
25	東京都	新宿区	32	3	151	23.8	96 × 79	54 × 54							
26	大阪市	中央区	38	3	150	15.1	149 × 61	56 × 37							

注1 通り軸の芯間距離により記載。

注2 高層部における一般階の面積。階数の記載があるものは、基準となった階。

注3 -は地下階なし。

注4 空欄は下記資料において記載のないもの。

資料：超高層データベース及び地下5層以上データベースの建築物

③の建築物の荷重については、答申では「十分な大きさの高層建築物の代表的なものとして、東京都新宿区の高層建築物群（高いもので50～55階程度）が挙げられる。このような高層建築物は一般的には地下室を設置しており、建築物の建設により増加する荷重（以下「増加荷重」という。）は、建築物の荷重から地下室設置により排出される土砂荷重を差し引いて考えることとなる。新宿の高層建築物群においても、この増加荷重は全て30ト/㎡（=30tf/㎡=294kPa）以内に収まっている。」としている。

この考え方を踏まえ、増加荷重300kN/㎡となる建築物荷重を考えることとした。なお、答申では重力加速度を9.8として換算しているが大深度地下使用制度では、重力加速度を10kN=1tfとして、300kN/㎡としている。

地下掘削深さについてはGL-25mとしたことから、排土荷重としては、25m分の土の荷重を考える。建築物荷重から、排土荷重を引いたものが増加荷重であることから、逆に増加荷重300kN/㎡となる建築物荷重は、その排土荷重に300kN/㎡に加えた建築物ということができる。

$$\text{増加荷重} = \text{建築物荷重} - \text{排土荷重} \quad (1)$$

すなわち

$$\text{建築物荷重} = \text{増加荷重} + \text{排土荷重} \quad (2)$$

したがって、建築物荷重は下の式により定義することとした。

$$q = 300 \text{ kN/m}^2 + \gamma_e \text{ kN/m}^3 \times 25 \text{ m} \quad (3)$$

q : 建築物の単位面積当たりの荷重 (kN/m^2)

γ_e : 土の単位体積重量

土の単位体積重量は、場所により異なるため、即地的に把握する必要がある。

例えば、 $\gamma_e = 16 \text{ kN/m}^3$ と仮定すれば

$$q = 300 (\text{kN/m}^2) + 16 (\text{kN/m}^3) \times 25 (\text{m}) = 700 \text{ kN/m}^2 \quad (4)$$

となり、GL-25m に 700 kN/m^2 の建築物が建つことが前提となる。

なお、建築物荷重は接地面で均一に作用するのではなく、柱や梁の下面で大きく、その他の部分は小さいと考えられるが、大深度地下施設と建築物基礎底面は十分な離隔距離を持つことから、荷重は平均化されると考え、ここにおける建築物荷重は、直接基礎形式の場合にあっては長期平均接地圧、杭基礎形式の場合にあっては、建築物荷重を基礎スラブ底面積で除した値とした。

表 3.9 超高層ビルの発生する荷重

番号	直接基礎形式								杭基礎形式							
	建設地	地上階数	地下階数	軒高(m)	基礎底深(-m)	地盤の長期許容応力度(kN/m^2)	建築物の最大長期接地圧(kN/m^2)	建築物の平均長期接地圧(kN/m^2) (注3)	建設地	地上階数	地下階数	軒高(m)	基礎底深(-m)	杭の長期許容支持力度(kN/m^2)	杭の最大杭頭荷重度(kN/m^2)	建築物の平均長期接地圧(kN/m^2) (注3)
1	横浜市 西区	70	3	282	####	1000	893	831	大阪府 泉佐野市	56	2	254	####	2500	2490	462 注4
2	東京都 新宿区	48	3	242	####	1000	570	293	大阪府 泉佐野市	56	2	254	####	2500	2490	498 注6
3	東京都 渋谷区	27	3	240	####	500	446		大阪市 住之江区	52	3	250	####	2500	1950	260 注6
4	東京都 新宿区	52	5	227	####	1000	720	280	名古屋市 中村区	51	4	233	####	2500	2480	650 注6
5	東京都 豊島区	60	3	226	####	1000	600	500	東京都 中央区	47	4	199	####	2450	1650	410 注6
6	東京都 港区	54	4	222	####	1000	805	469	大阪市 港区	50	3	188	####	2500	2470	512 注6
7	東京都 新宿区	55	5	216	####	1000	680	600	埼玉県 川口市	55	1	186	8.3	2500	2440	
8	東京都 新宿区	55	3	211	####	1000	1000	453	大阪市 北区	43	3	176	####	2500	2490	
9	東京都 新宿区	53	5	203	####	800	470	320	大阪市 北区	40	5	175	####	2500	2490	
10	東京都 新宿区	52	4	200	####	1000			千葉県 美浜区	49	2	175	####	2000	1960	
11	大阪市 中央区	43	3	196	####	1500	835		東京都 中央区	54	3	170	####	2500	1680	
12	東京都 中央区	44	4	195	####	800	610		大阪市 北区	39	3	170	####	2500	2403	
13	東京都 新宿区	43	6	193	####	1000	900	245	大阪市 北区	40	2	166	####	2500	2340	350 注6
14	東京都 千代田区	44	4	184	####	1000	550	360	東京都 江東区	37	2	161	####	2500	2380	
15	東京都 港区	39	3	180	####	1000	510		名古屋市 北区	45	-	160	4.8	2500	2490	444 注6
16	東京都 新宿区	44	4	179	####	1000	538		東京都 中央区	50	2	159	####	2500	2440	
17	東京都 新宿区	47	3	170	####	1000	1000	460	大阪市 港区	50	2	157	####	2500	2310	
18	東京都 渋谷区	41	6	169	####	700	590		大阪市 中央区	38	1	150	####	2000	1870	
19	東京都 新宿区	34	3	162	####	1000	420	254	大阪市 中央区	37	2	150	####	2500	1970	
20	東京都 港区	40	5	162	####	1000	736	388	大阪市 平野区	40	-	141	9.0	2500	2430	227 注5
21	東京都 港区	35	3	158	####	1000	575	300	大阪市 都島区	36	-	103	6.5	2500	2330	338 注5
22	横浜市 西区	36	5	157	####	1000	521		大阪市 都島区	36	-	103	6.5	2500	2330	338 注5
23	東京都 港区	40	3	152	####	1000	322	305	埼玉県 与野市	35	-	103	9.0	2500	2470	221 注5
24	東京都 港区	34	2	152	####	1000	770	344	埼玉県 富士見市	31	-	101	4.2	2210	1890	433 注5
25	東京都 新宿区	32	3	151	####		890	513								
26	大阪市 中央区	38	3	150	####	550	550									

注1 -は地下階なし。

注2 空欄は上記資料において記載のないもの。

注3 建築物の総重量を基礎底面積で除したもの。平均長期接地圧は国土庁の各施主、設計者などへのヒアリングによる。本欄における空欄は不明なもの。

注4 評定概要書保存版に記載された平均長期接地圧による。

注5 評定概要書保存版による1階床までの地震用建物総荷重を基礎底面積で除したものに、1階床から基礎までの重量として 50 kN/m^2 を仮定し加えたもの。

注6 国土庁の各施主、設計者等へのヒアリングによる。

資料 超高層データベース及び地下5層以上データベースの建築物

表 3.9 に示す通り、既存の超高層建築物の発生させている荷重は、ランドマークタワーを除き、 700kN/m^2 以下であり、ほとんどの既存建築物の増加荷重が 300kN/m^2 以下であるといえる。なお、ランドマークタワーは、外壁に自然石を採用したため比較的重い構造になっている。

また、事例からは、建築構造別の各階の平均的な荷重は表 3.10 の通りであり、 700kN/m^2 は、現行最大の 70 階程度を超える建築物の建設も十分可能な値といえる。

表 3.10 建築構造別の各階あたりの荷重

構造	1フロアあたりの荷重
鉄骨構造(S造)	$6 \sim 8\text{kN/m}^2$
鉄骨鉄筋コンクリート構造(SRC造)	$12 \sim 14\text{kN/m}^2$
鉄筋コンクリート構造(RC造)	$12 \sim 14\text{kN/m}^2$
地下階部分	20kN/m^2
基礎スラブ	$30 \sim 40\text{kN/m}^2$

資料：大手建設会社を対象としたヒヤリングから作成

どの基礎形式を前提とするかについては、基礎底深さを 25m としていることから、図 3.11 に示す通り、支持層位置が 25m 以浅の場合は直接基礎形式を、25m 以深の場合は杭基礎形式を前提とすることとした。なお、杭基礎形式の場合は、基礎スラブ底面については直接基礎の場合と同様に、地下 25m にあるものとした。

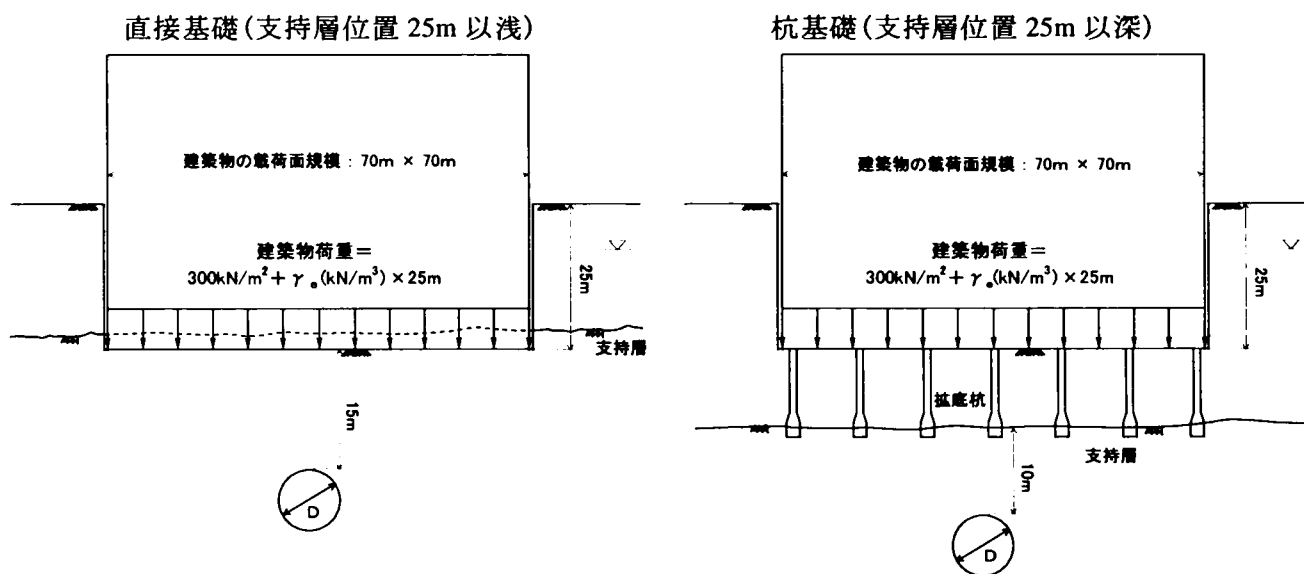


図 3.11 前提とする建築物規模

大深度地下使用制度は三大都市圏を対象としたものであるが、このような建築物が建つのはその中でも一部の地域であり、過大な建築物を考えているのではないかと考えることもできる。しかしながら、表 3.11 に示す通り、容積率 200%程度の用途地域においても、55 階の建築物の実績（エルザタワー：川口市）があり、また、近年、都心居住を推進するための高層住居誘導地区制度や容積率を移転して高層建築物の建設を可能とする連担建築物設計制度等の都心部の土地の高度利用を進める諸制度が創出されていることから、都市圏においては、高層建築物の建築可能性はいたる箇所にあるといえる。

表 3.11 超高層建築物（H≧150m）の容積率

番号	件名	建設地		用途地域	制度	容積率			建ぺい率			地上階数	地下階数	軒高
		都府県市	市区			基準	指定額	実際	基準	制限等	物空地	実際		
1	横浜ランドマークタワー	横浜市	西区	商業地域	特定街区	800	1030	876	100		32	61	70	3 282
3	りんくうゲートタワービル・北棟	大阪府	泉佐野市	商業地域		600		567	100			84	56	2 254
4	大阪ワールドトレードセンタービルディング	大阪市	住之江区	準工業地域	再開発地区	300	600	599	70	70		54	52	3 250
5	東京都第一本庁舎	東京都	新宿区	商業地域	特定街区	1000	1300	1236	80		48	77	48	3 242
7	JR東海名古屋ビル事務所棟	名古屋市	中村区	商業地域		902		589	100			71	51	4 233
8	新宿パークタワー	東京都	新宿区	商業地域		800		993	80			50	52	5 227
9	サンシャイン60	東京都	豊島区	商業地域	特定街区	600	800	799	80		52		60	3 226
10	東京オペラシティタワー	東京都	新宿区	商業地域	特定街区	443	605		80		46		54	4 222
11	新宿センタービル	東京都	新宿区	商業地域	特定街区	1000	1100	1100	80		59	25	54	4 216
12	JR東海名古屋ビルホテル棟	名古屋市	中村区	商業地域		902		589	100			71	52	4 214
13	新宿三井ビル	東京都	新宿区	商業地域	特定街区	1000	1090	1085	80		41	37	55	3 211
14	新宿野村ビル	東京都	新宿区	商業地域	特定街区	1000	1090	1088	80		65		50	5 203
15	新宿住友ビル	東京都	新宿区	商業地域	特定街区	1000	1090	1083	80		39	24	52	4 200
16	聖路加ガーデンオフィス棟聖路加タワー	東京都	中央区	第二種住居地域	特定街区	400	1170	1170	60		56	68	51	4 199
17	大阪府庁舎	大阪市	中央区	商業地域		800	674	461	100			64	43	3 196
18	晴海一丁目地区第一種市街地再開発	東京都	中央区	第一種住居地域	再開発地区	400	770	762	60	80		79	44	4 195
19	安田火災海上本社ビル	東京都	新宿区	商業地域	特定街区	1000	1090	1089	80		62	47	54	6 193
20	弁天町駅前開発・土地信託(A-2ブロック)	大阪市	港区	商業地域	総合設計	800	800	671	100	85		75	50	3 188
21	エルザタワー	埼玉県	川口市	準工業地域	総合設計	200	350	350	70	50		33	55	1 186
22	山王共同ビル	東京都	千代田区	商業地域	再開発地区	519	1300		80				44	4 184
23	日本電気本社ビル	東京都	港区	商業地域	特定街区	513	600	600	80		65	41	39	3 180
24	新宿アイランドタワー	東京都	新宿区	商業地域	特定街区	800		953	80			51	44	4 179
25	新堂島ビル	大阪市	北区	商業地域	総合設計	589	756	753	100	80		38	43	3 176
26	西梅田C街区ビル	大阪市	北区	商業地域	再開発地区	605	800	799	80	70		67	40	5 175
27	幕張プリンスホテル	千葉県	千葉市	商業地域		400		147	100			19	49	2 175
28	大川端リバーシティ21開発北ブロックM	東京都	中央区	商業地域	総合設計	600		701	80			47	54	3 170
29	OAP計画(オフィス棟)	大阪市	北区	商業地域	再開発地区	225	600	599	80	60		51	39	3 170
30	京王プラザホテル	東京都	新宿区	商業地域	特定街区	1000	1060	706	80		37	59	47	3 170
32	新梅田シティ開発計画(事務所棟)	大阪市	北区	準工業地域	総合設計	300	436	434	70	50		35	40	2 166
33	東芝ビル	東京都	港区	準工業地域	特定街区	400	480		60		54		40	3 165
34	東京都第二本庁舎	東京都	新宿区	商業地域		1000	1000	871	80		48	70	34	3 162
35	恵比寿ガーデンプレイスタワー	東京都	渋谷区	商業地域	総合設計	400		478	80			39	40	5 162
36	豊洲センタービル	東京都	江東区	準工業地域		300		317	60			22	37	2 161
37	ザ・シーン城北	名古屋市	北区	準工業地域	総合設計	200	313	313	70	50		16	45	0 160
38	晴海一丁目市街地再開発B・G棟	東京都	中央区	第一種住居地域	再開発地区	400	580	577	60	80		78	50	2 159
40	弁天町駅前開発・土地信託(Bブロック)	大阪市	港区	商業地域	総合設計	800	800	671	100	85		75	50	2 157
41	みなとみらい21中央区24街区(A棟)	横浜市	西区	商業地域	特定街区	800	900	898	100		35	78	36	5 157
42	ワールドビジネスガーデン	千葉県	千葉市	近隣商業地域		400		398	100			36	37	1 153
43	世界貿易センタービル本館	東京都	港区	商業地域	特定街区	600	750	750	80		49		40	3 152
45	KDDビル	東京都	新宿区	商業地域	特定街区	1000	1090	1093	80				33	3 151
46	住友生命OBP計画	大阪市	中央区	商業地域	総合設計	400	456	456	100	80		59	38	3 150
47	ナショナルタワー(タワーⅠ・タワーⅡ)	大阪市	中央区	商業地域	総合設計	400	487	485	100	80		45	38	1 150
48	OBP-TI計画	大阪市	中央区	商業地域	総合設計	400	598	598	100	80		24	37	2 150

資料：各自治体からの聞き取り調査による

大深度地下使用制度において前提する建築物規模は、既存の高層ビルのデータをもとに定めているが、将来、技術の進歩により、これが大きく変わる可能性があるかないか、表 3.12 に示すデベロッパー、建設会社、設計事務所等 11 社に対してヒヤリング調査を実施した。ヒヤリング内容と主な回答を表 3.13 に示す。

表 3.12 ヒヤリング調査先

ヒヤリング先	調査方法
都市基盤整備公団	面接調査
三菱地所㈱	面接調査
森ビル㈱	面接調査
㈱安井建築設計事務所	アンケート調査
清水建設㈱	面接調査
大成建設㈱	面接調査
鹿島建設㈱	アンケート調査
㈱大林組	アンケート調査
鋼管杭協会	アンケート調査
コンクリートパイル建設技術協会	アンケート調査

ヒヤリングからは、建築物の地下利用については、地下水処理、排土の処理、コストの問題点から現在より深くなることは考えられないとの見解を得た。

また、建築物の高層化については、規制の緩和により高層化が進むとする見解と、規制の緩和があっても高層化しないとの見解が伯仲した。しかしながら、いずれにせよ最大規模としては、住居系では60階、事務所系では80階～100階が限度であるとの見解であった。

このようなことも考えれば、制度において前提としている建築物規模は、将来的にも妥当なものであるといえる。

表 3.13 将来の超高層建築物の規模に対する主な回答

建物用途	予想される最大規模	理由	
住居系	地上60階程度	決定要因	住環境 特に風により窓が開けられない・風揺れなど 平面規模が限定されるので、アスペクト比を考えるとこの程度が限界 コスト面からRC造とした場合の構造的限界
		高層化の推進要因	
		高層化に対する阻害要因	
	地下2～3階程度	決定要因	地下工事のコスト 機械室・水槽・駐輪場・駐車場として利用する深度としてこの程度に収める
		大深度化の推進要因	駐車場付置義務
		大深度化に対する阻害要因	地下工事のコスト
事務所系	地上80～100階程度	決定要因	許容地耐力・杭の許容支持力度の制限(直接基礎で接地圧100tf/m ²)
		高層化の推進要因	制震(制振)技術の進展 シャトルエレベータの実現(例:山王パークビル) ダブルデッキエレベータ
		高層化に対する阻害要因	航空法 現在の日本の経済情勢
	地下5～10階程度	決定要因	テナントとして地下変電所・地域冷暖房施設が入った場合の利用深度 地上100階とした場合の投入
		大深度化の推進要因	地下変電施設・発電施設 エネルギー・通信のバックアップ機能の強化に対するニーズ
		大深度化に対する阻害要因	地下工事のコスト

3.5 大深度地下空間の特定方法

大深度地下は地盤条件から客観的かつ一義的に定まるものとして定義されており、これを担保する特定方法が必要である。

大深度地下の深さは、高層建築物の支持層位置によって決まることから、客観的な基準により支持層を特定する方法を決めれば、大深度地下空間を特定することができる。

3.5.1 支持層の考え方

高層建築物の基礎としては、直接基礎、杭基礎の2種類がある。

建築基準法施行令第38条第3項では「高さ13メートル又は延べ面積3千平方メートルを超える建築物で、当該建築物に作用する荷重が最下階の床面積1平方メートルにつき10トンを超えるものの基礎の底部(基礎ぐいを使用する場合にあっては、当該基礎ぐいの先端)は良好な地盤に達していなければならない。ただし、建築物の構造、形態及び地盤の状況を考慮した構造計算又は実験によって構造耐力上安全であることが確かめられた場合においては、この限りではない。」とされており、この良好な地盤を通常、支持層と呼んでいる。

しかしながら、表3.14の通り、建築系の指針・基準では、堅い層に支持させることのみ記述しており、具体的にどの程度の堅さであるか等の支持層の要件については明示されていない。

土木系の各指針・基準においても、粘性土でN値 ≥ 20 、砂質土でN値 ≥ 30 の地盤を目安として記述しているものが多いが、同様に具体的な要件について定めていない。

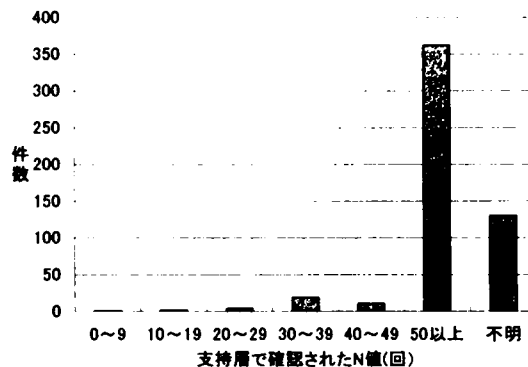
表 3.14 各種基準、指針における支持層の表記

分野	名 称	制定・編集機関	発行年	支持層の定義等
道路橋	道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編	日本道路協会	1996.12	・粘性土: $N \geq 20$ 、ないし $q_u \geq 40 \text{N/cm}^2$ ・砂質土: $N \geq 30$
道路橋	設計要領第二集	日本道路公団	1998.11	・粘性土: $N \geq 20$ 、砂質土: $N \geq 30$ 。 ・杭の場合、支持層層厚は杭先端より杭基礎を仮想ケツと考へた最小幅の1.5倍以上必要。また、最小幅の3倍以内に軟弱層が存在する場合は、薄層支持の杭としての検討が必要。 ・先端地盤強化型場所打杭工法では、厚さ5m以上の $N \geq 30$ の層が必要。
道路橋	土質地質調査要領	日本道路公団	1992.4	〔(設計要領第二集1990.7(旧版)より、抜粋) ・良質な層は、砂質土 $30 \leq N < 50$ 、粘性土 $20 \leq N < 30$ 。 ・堅固な層は、砂質土 $50 \leq N$ 値、粘性土 $30 \leq N$ 値。
道路橋	下部構造物設計基準	首都高速道路公団	1992.4	・ $30 \leq N$ 値の洪積砂層、洪積砂礫層、洪積礫層。 ・ $20 \leq N$ 値の硬質粘土層。 ・杭基礎の支持層層厚は杭径の3倍程度必要。
道路橋	設計基準第2部 構造物設計基準(橋梁編)	阪神高速道路公団	1990.6	・砂層と砂礫層: $30 \leq N$ 値、粘性土層: $20 \leq N$ 値。 ・支持層の厚さが杭基礎を仮想ケツと考へた時の最小幅の1.5倍以下であれば、下層地盤の支持力及び沈下についての検討が必要。また、1.5倍ある場合でも3倍以内に軟弱層又は圧密層がある場合は、沈下の検討が必要。
道路・河川構造物	土質調査要領	東京都建設局	1990.4	・砂層と砂礫層: $30 \leq N$ 値 粘土層: $20 \leq N$ 値 ($q_u \leq 50 \sim 100 \text{N/cm}^2$) ・厚さは5m程度以上。
河川構造物	建設省河川砂防技術基準(案)同解説・調査編及び設計編〔I〕	建設省河川局	1997.1	・堰及び樋門の設計において、 砂層と砂礫層: $30 \leq N$ 値 粘性土層: $20 \leq N$ 値
鉄道構造物	鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物・抗土圧構造物	鉄道総合技術研究所	1997.4	・直接基礎では $30 \leq N$ 値の砂質土、 $20 \leq N$ 値の粘性土、岩盤。 ・ケツ基礎では砂質土地盤で $30 \leq N$ 値、粘性土地盤で $20 \leq N$ 値、かつ基礎の支持力及び変位に関して下層の影響を受けない十分な厚さのある地層。
建築物	①基礎の設計等に関する東京都取扱要領(案) ②高層建築物の構造設計に関する東京都取扱要領(案)	①東京都 ②東京都	①1991.4 ②1991.4	・②基礎は東京礫層等の洪積世以前の堅固な地層に支持させることを原則とする。〔解説〕昭和56年建設省告示第1793号第2に基づく第一種地盤(岩盤・硬質砂礫その他主として第三紀以前の地層)又は第二種地盤(主として洪積層又は厚さ5m以上の良好な砂・礫及び砂礫等の沖積層)に支持させることを原則とする。

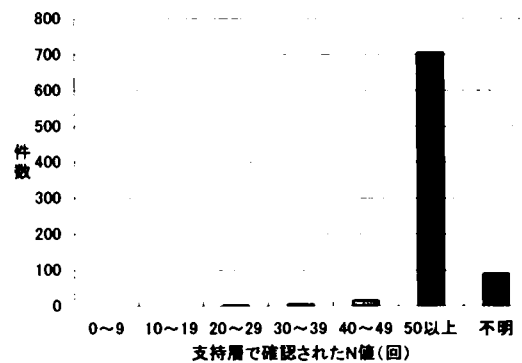
したがって、データベースを活用し、既存の高層建築物の選択している支持層について検討した。

(1) 基礎の選択しているN値について

高層評定全体データベースの解析から、図 3.12、図 3.13 に示すように直接基礎、杭基礎とも支持層で確認されるN値は50以上となっているものがほとんどであることがわかる。

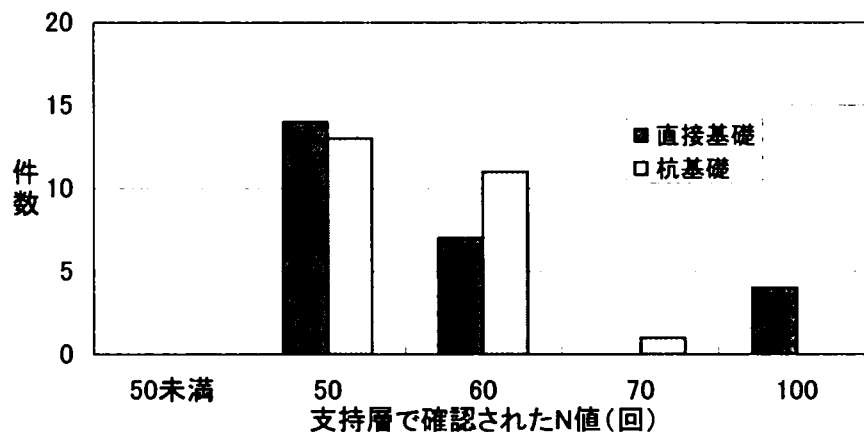


資料：高層評定全体データベースより作成
図 3.12 支持層で確認されたN値 (直接基礎)



資料：高層評定全体データベースより作成
図 3.13 支持層で確認されたN値（杭基礎）

超高層データベースに収録されてる超高層ビルに限れば、図 3.14 の通り、支持層のN値は全て 50 以上であり、建築物の基礎が設置される支持層として、原則N値 50 以上の地盤を選択していることがわかる。



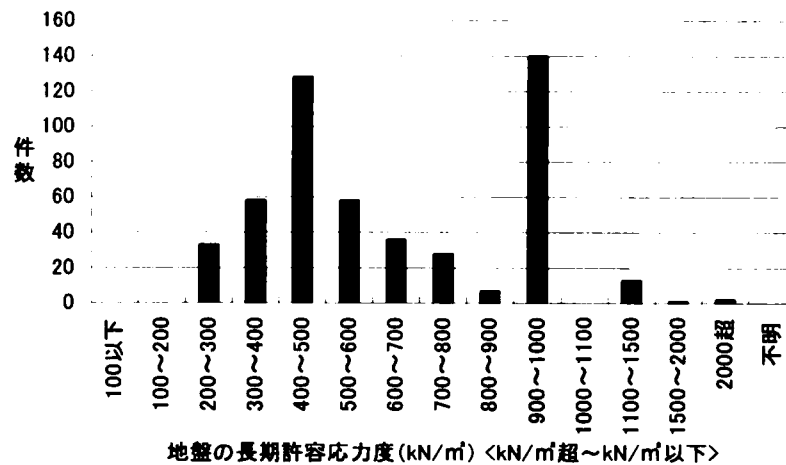
資料：超高層データベースより作成
図 3.14 超高層建築物の支持層のN値

(2) 直接基礎の選択している支持層の地耐力

次に、高層評定全体データベースから、直接基礎形式の建築物の地耐力について調べると、直接基礎の選択している支持層の長期許容応力度は、図 3.15 にまとめているように、 1000kN/m^2 以下のものがほとんどであることがわかる。

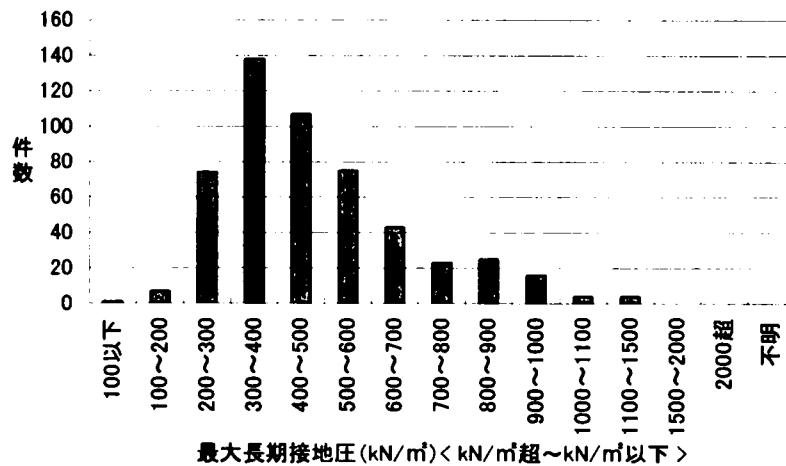
1000kN/m^2 を超えるものについては、1980 年代前半の物件が多く、評定制度が立ち上がった直後であり、算定方法に混乱が見られる。

実際に地盤にかかっている最大長期接地圧は、図 3.16 にまとめているように、 $300 \sim 600\text{kN/m}^2$ 程度のものが多く、地盤の長期許容応力度が 1000kN/m^2 以上あれば、直接基礎の支持層として特定できる。



資料：高層評定全体データベースより作成

図 3.15 地盤の長期許容応力度（直接基礎）

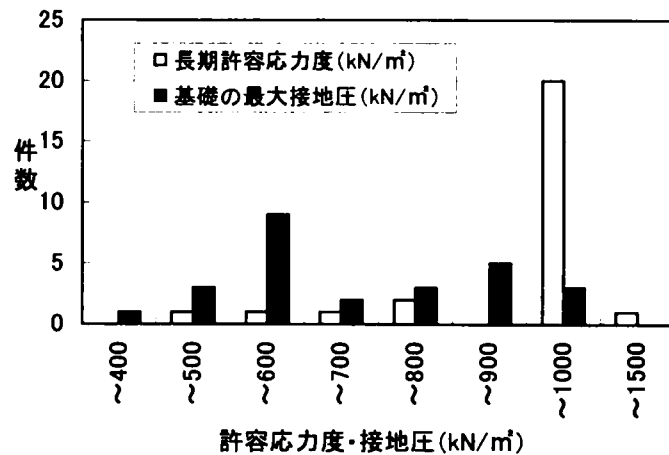


資料：高層評定全体データベースより作成

図 3.16 直接基礎の最大長期接地圧

超高層データベースに収録されている直接基礎形式の超高層ビルに限れば、図 3.17 に示す通り、地盤の長期許容応力度が 1000kN/m²の地盤を選択しているものがほとんどであり、1000kN/m²あれば、直接基礎形式の高層建築物の支持層となりうるといえる。なお、1500kN/m²の建築物が 1 棟あるが、実際かかる最大接地圧は 1000kN/m²以下であることが確認でき、1000kN/m²の許容応力度があれば、支持層として事実上問題ない。

なお、横浜ランドマークタワーの構造計算においては、計算上は地盤の長期許容応力度は 3000 ～ 5500kN/m²と算定されているが、設計に際しては、1000kN/m²を採用しており、一般的に、計算上の地盤の許容応力度にかなりの余裕があっても設計値としては 1000kN/m²を採用するようである。



資料：超高層データベースより作成

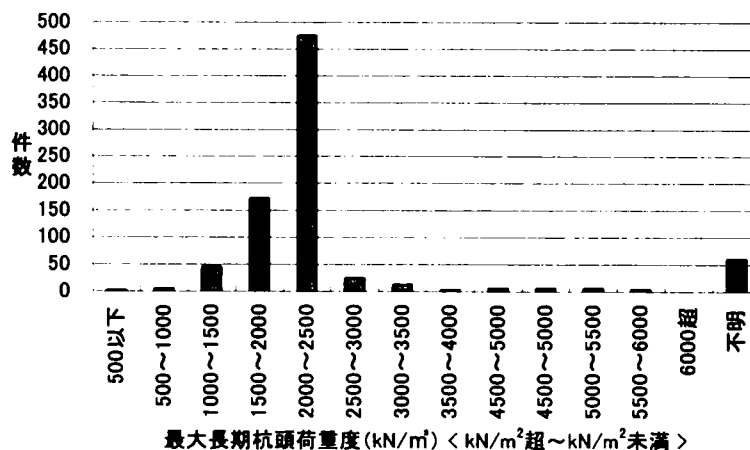
図 3.17 超高層建築物の許容応力度と接地圧（直接基礎）

(3) 杭基礎の選択している支持層の地耐力

杭基礎の選択している支持層については、図 3.18 にとりまとめているように、杭の単位面積当たりの荷重量を示す杭の長期許容支持力度が 2500kN/m^2 のものがほとんどである。これは、東京、大阪の大都市においては、行政指導により、場所打ち杭の長期許容支持力度に対し 250tf/m^2 (2500kN/m^2) の制限を設けているためであり、この指導の上限までいっばいに杭の性能を設定する建築物がほとんどである。

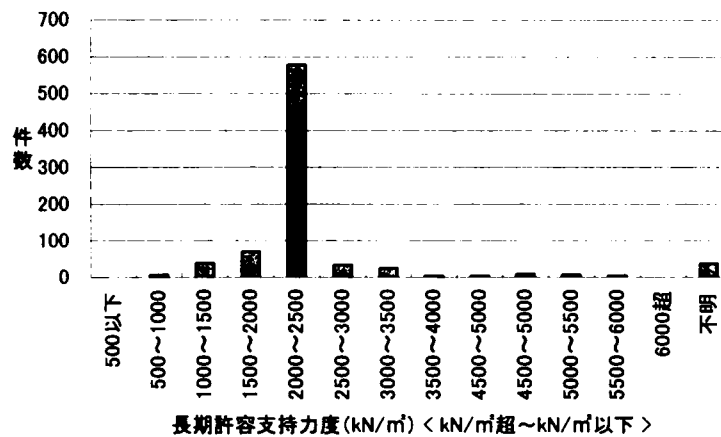
また、図 3.19 に示す通り、実際に地盤に作用している杭頭荷重量も 2500kN/m^2 以下であり、したがって、杭の長期許容支持力度が 2500kN/m^2 以上あれば、杭基礎の支持層として特定できる。

なお、図は杭種の区別なく件数を記載しており、 2500kN/m^2 を超える数値を示す杭のほとんどが、埋め込み杭、打ち込み杭である。



資料：高層評定全体データベースより作成

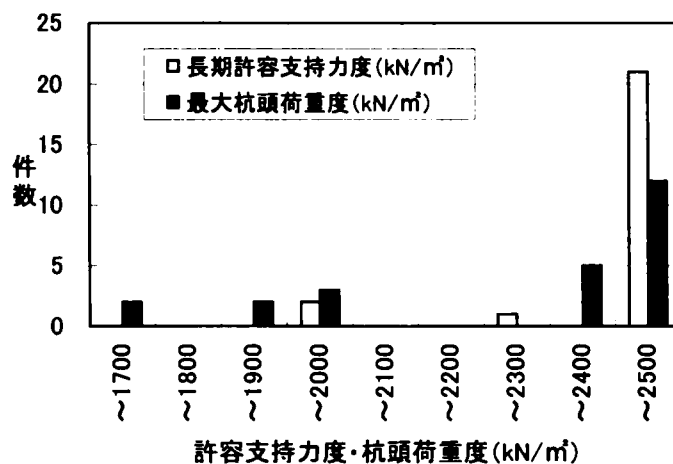
図 3.18 杭の長期許容支持力度（杭基礎）



資料：高層評定全体データベースより作成

図 3.19 杭基礎の最大長期杭頭荷重

超高層データベースに収録されている杭基礎形式の超高層ビルに限っても、図 3.20 に示す通り、全ての杭の長期許容支持力度 2500kN/m²以下の地盤を選択しており、実際の杭の杭頭荷重度も 2500kN/m²以下となっている。したがって、2500kN/m²の許容支持力度があれば、杭基礎形式の高層建築物の支持層となりえるといえる。



資料：超高層データベースより作成

図 3.20 超高層建築物の応力度（杭基礎）

(4) 支持層の要件のまとめ

大深度地下使用制度においては、原則としてN値 50 以上の地盤で、かつ、直接基礎の場合は地盤の長期許容応力度 1000kN/m²、杭基礎の場合は杭の長期許容支持力度 2500kN/m²を有する地盤を支持層とした。

3.5.2 直接基礎における地盤の長期許容応力度、杭基礎における杭の長期許容支持力度の算定方法

支持力を算定する式は基本的に同じであるが、各地域における行政指導において補正の方法に差異があり、地域ごとに異なる結果が得られるようになっている。

しかしながら、60m を超える高層建築物の高層評定物件については、建設大臣が認定を行うことから、各地域の行政指導によるのではなく、通常、建設省告示 111 号¹⁴⁾の第 2 及び第 3 による支持力公式が用いられており、大深度地下使用制度において支持層を特定するための算定方法は、これによることとした。ただし、建設省告示は重力単位系であるため、結果を 1tf=10kN として SI 単位系に換算することとした。建設省告示において支持力はそれぞれ、表 3.15 のように計算することとしている。

なお、場所打ち杭は載荷試験を行う場合はこれによることとしているが、載荷試験を行わない場合（大口径掘削杭は載荷試験が難しくほぼこの条件に該当する。）、表 3.15 の算定式を用いて長期許容支持力度を求めている。さらに支持力の上限值及び低減、杭の許容耐力、許容沈下量を考慮し、長期許容支持力度が決められている。

表 3.15 建設省告示 111 号による支持力の算定方法

【直接基礎の長期許容応力度】

算定式		$q_a=1/3\left(\alpha \cdot c \cdot N_c+\beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma+\gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q\right)$			
係数	q_a	地盤の長期許容応力度 (tf/m ²)			
	α	基礎荷重面の形状に応じて別表1掲げる係数			
	β	基礎荷重面の形状に応じて別表1に掲げる係数			
	c	基礎荷重面下にある地盤の粘着力 (tf/m ²)			
	γ_1	基礎荷重面下にある地盤の単位体積重量 (tf/m ³) 地下水位下にある場合は水中単位体積重量をとる。			
	γ_2	基礎荷重面より上方にある地盤の平均単位体積重量 (tf/m ³) 地下水位下にある部分については水中単位体積重量をとる。			
	B	基礎荷重面の短辺又は短径(m)			
	D_f	基礎に近接した最低地盤面から基礎荷重面までの深さ (m)			
	N_c	地盤の内部摩擦角に応じて別表2に掲げる支持力係数			
	N_γ	地盤の内部摩擦角に応じて別表2に掲げる支持力係数			
N_q	地盤の内部摩擦角に応じて別表2に掲げる支持力係数				
別表1					
形状係数		基礎底面形状	円形	円形以外の形状	
		α	1.3	1.0+0.3・B/L	
		β	0.5	0.5-0.1・B/L	
(注)B、Lは、それぞれ基礎荷重面の短辺又は短径及び長辺又は長径の長さを表す					
別表2					
支持力係数		ϕ (度)	N_c	N_γ	N_q
		0	5.3	0	3
		5	5.3	0	3.4
		10	5.3	0	3.9
		15	6.5	1.2	4.7
		20	7.9	2	5.9
		25	9.9	3.3	7.6
		28	11.4	4.4	9.1
		32	20.9	10.6	16.1
		36	42.2	30.5	33.6
		40	95.7	114	83.2
	注) 表に掲げる内部摩擦角以外の内部摩擦角に応じた N_c 、 N_γ 、及び N_q は、表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補完した数値とする。				

【杭の長期許容支持力】

算定式	$Ra = 1/3 \{ \underbrace{15\bar{N} \cdot Ap}_{\text{①}} + \underbrace{(Ns \cdot Ls / 5 + \bar{q}_u \cdot Lc / 2) \phi}_{\text{②}} \} - W$ <p>①：杭の先端支持力に関する項 ②：杭の周面摩擦力に関する項。</p>
係数	<p>Ra : 地盤の長期許容支持力 (tf) \bar{N} : 杭先端付近のN値 (上限60) の平均値 (回) Ap : 杭先端面積 (㎡) Ns : 杭周地盤中の砂質土部分の実測N値 (上限25) の平均値 Ls : 杭周地盤中の砂質土部分にある杭の長さ (m) \bar{q}_u : 杭周地盤中の粘性土部分の一軸圧縮強度 (上限10tf/㎡) の平均値 (tf/㎡) Lc : 杭周地盤中の粘性土部分にある杭の長さ (m) ϕ : 杭周長 (m) W : 杭の自重 (tf)。ただし、杭の排土重量を除いてよい</p>

3.5.1 において、支持力度の条件に加え、原則としてN値 50 以上の地層を支持層としているが、このN値 50 と支持力度の関係を検討する。

直接基礎の場合と杭基礎の場合とは算定式が異なることから、それぞれ別に検討する。

直接基礎の場合、支持力算定公式より許容応力度は内部摩擦角 ϕ の関数である支持力係数をパラメーターとして求めることから、N値 50 が内部摩擦角 ϕ でどの程度かを求めれば、N値によってどの程度の地盤の許容応力度が確保できるかがわかる

建築基礎構造設計指針¹⁵⁾ではN値と ϕ の関係について、大崎の式

$$\phi = \sqrt{20N} + 15 \quad (5)$$

が記述されており、また、その誤差の範囲として $\pm 8^\circ$ としていることから、これをもとに、3.4で前提とした規模の建築物に対して、N値と許容応力度の関係を計算した。

計算は、大崎の式、大崎の式 $\pm 8^\circ$ について、 ϕ が $25^\circ \sim 40^\circ$ とするようにN値を算定し、N値と許容応力度 q_a との関係を換算した。

なお、Df項については、安全側に見てゼロとしている。

試算結果を、表3.16に、図3.21にグラフ化したものを示す。

表 3.16 計算結果

ϕ (度)	N値			N_c	N_γ	N_q	q_a	
	大崎の式	$\phi + 8^\circ$	$\phi - 8^\circ$				(tf/㎡)	(kN/㎡)
25	5.0	0.2	16.2	9.9	3.3	7.6	30.8	308
28	8.5	1.3	22.1	11.4	4.4	9.1	41.1	411
32	14.5	4.1	31.3	20.9	10.6	16.1	98.9	989
36	22.1	8.5	42.1	42.2	30.5	33.6	284.7	2847
40	31.3	14.5	54.5	95.7	114.0	83.2	1064.0	10640

注：支持力公式への各値の入力は重力単位系で行い、計算結果のみ SI 単位系に変換した。

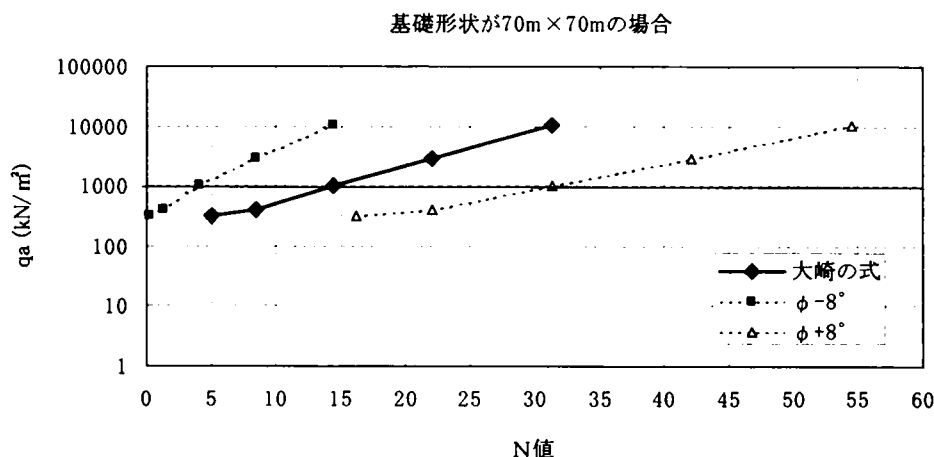


図 3.21 試算結果（グラフ）

これより、大崎の式で誤差とされている範囲を見込んでも、N値が35以上あれば、一般的に、地盤の許容応力度として1000kN/m²以上あることが確認できる。よって、N値50以上の地層では、許容応力度として1000kN/m²以上見込めるといえ、運用においては確認的に許容応力度を判定すればよいことがわかる。

しかしながら、支持層が中間支持層である場合には、支持層下の地盤沈下等も考えられることから、沈下量の計算を行い、その層が直接基礎の支持層として採用できるか、また、直接基礎としては利用不可能であり、それより深い層を杭基礎の支持層として利用する可能性がないか、必要に応じて検討を行うこととした。

杭基礎の場合、許容支持力度は、表 3.15 に示す通り、杭の先端支持力と杭の周面摩擦力の合計から杭の自重を差し引くことにより求めるが、杭先端の支持層の平均N値として 50 が確保されていれば、

$$\text{杭の先端支持力} = 1/3 \times 15\bar{N} = 1/3 \times 15 \times 50 = 250\text{tf/m}^2 = 2500\text{kN/m}^2$$

となり、杭の先端支持力の項だけで、許容支持力度 2500kN/m²が算定される。しかし、許容支持力度の算定に当たっては、表 3.15 に示す通り、杭の自重分支持力を減じることから、杭の先端支持力のみでは2500kN/m²を確保できないこととなる。

したがって、杭の周面摩擦力も算定し、支持力公式を厳密に計算した上で判定する必要があるが、杭基礎の条件から大深度地下の深さが定まる場合は、支持層は地下 30m より深く、十分な杭長がとれることから、通常は周面摩擦力も十分確保できていると考えることができる。

表 3.17 に東京臨海部の高層建築物を想定して、場所打ち杭の試算結果を示すが、これからも、2500kN/m²は概ね確保されている。

これより、杭長が十分にあると考えられる場合には杭の許容支持力度として 2500kN/m²があると考えられるが、地盤の想定などによって結果が異なることから、運用においては、厳密に計算する必要がある。

なお、支持層が中間支持層である場合には、中間支持層が十分な層厚を有していないため杭先端のパンチング破壊が生じることが想定される場合や、支持層下の地盤の沈下が想定される場合等、中間支持層よりさらに深い支持層を利用する可能性もあることから、必要に応じ検討を行うこととした。

表 3.17 場所打ち杭の支持力の算定例

右図のような地盤及び杭基礎（基礎底 GL-25m、杭長 20m、根入れ 2.0m）を仮定し、告示式に基づき、杭径を変化させて、杭の長期許容支持力度を試算すると、

$$Ra = 1/3 \{ 15\bar{N} Ap + \frac{NsLs}{5 + quLc/2} \phi \} - W$$

① ②

Ra：地盤の長期許容支持力 (tf)

\bar{N} ：杭先端付近(上下 1d とする)の N 値の平均値
(d は杭径) (回)

Ap：杭先端面積 (m²)

Ns：杭周地盤中の砂質土部分の実測 N 値 (上限 25) の平均値 25 (回)

Ls：杭周地盤中の砂質土部分にある杭の長さ
8 (m) (洪積砂層)

\overline{qu} ：杭周地盤中の粘性土部分の一軸圧縮強度 (上限 10tf/m²) の平均値 8 (tf/m²)

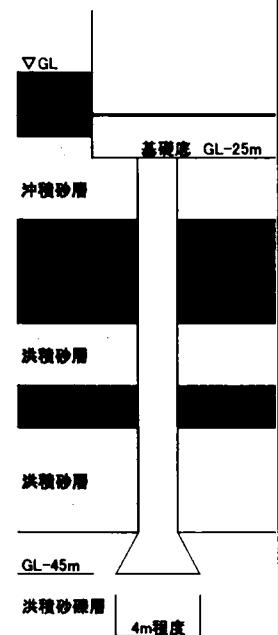
Lc：杭周地盤中の粘性土部分にある杭の長さ
7 (m)

ϕ ：杭周長 (m)

Wp：杭の自重 (tf)。ただし、杭の排土重量を除く。

計算モデル

GL-m	土層	実測N値	Ns	qu (tf/m ²)
0	埋土・盛土			
1	沖積粘土層	省略	省略	省略
24	沖積砂層			
25		33	25.無視	
26	沖積砂層	35	25.無視	
27		28	25.無視	
28		5		6.2
29		9		10
30	洪積粘土層	5		6.2
31		8		10
32		7		10
33		45	25	
34	洪積砂層	30	25	
35		28	25	
36	洪積粘土層	6		7.5
37		5		6.2
38		35	25	
39		48	25	
40	洪積砂層	50	25	
41		48	(25)	
42		50	(25)	
43		50	(25)	
44		50	(25)	
45		50		
46	洪積砂層	50		
47		50		
48		50		
49		50		
50		50		
		平均25	平均8	



ここでは単位体積当たりの重量を 1.0tf/m³ とし、拡底部分を見捨て略算する。

①：杭の先端支持力に関する項、打ち込み杭においては 30 $\bar{N}Ap$ となっており杭の面積当たりの許容支持力は場所打ち杭のものより大きくなる。

②：杭の周面摩擦力に関する項。

①と②を足したものが杭の支持力に対応する。

軸部径 (m)	拡底径 (m)	\bar{N} (回)	Ap (m ²)	Ns (回)	Ls (m)	\overline{qu} (tf/m ²)	Lc (m)	ϕ (m)	Wp (tf)	Ra (tf)	Ra / Ap	
											(tf/m ²)	(kN/m ²)
2	3	50	7.06	25	8	8	7	6.28	63	1844	261	2612
2.5	4	50	12.56	25	8	8	7	7.85	98	3220	256	2564
3	4	50	12.56	25	8	8	7	9.42	141	3213	256	2558

注：支持力公式への各値の入力は重力単位系で行い、計算結果のみ SI 単位系に変換した。

3.5.3 大深度地下空間を特定するための地盤調査

大深度地下使用制度においては、使用権が設定される全域について、連続的に地盤の状況を明らかにする必要があるが、ボーリングは点として実施するものであり、得られたデータからボーリング地点間の地盤状況を推定する必要がある。

建築基礎構造設計指針¹⁴⁾においては、調査の精度については、「要は、この調査によって 1m くらいの精度で地層の深さを特定することができるようになれば十分であろう」としており、調査の頻度・間隔については、「標準貫入試験及びサウンディングの密度あるいは位置は、以上のことを考慮し、場合に応じて判断すべきものであるが、通常の建築物では建築物のだいたい四隅をこの調査地点に選べばよい。しかし、建物の長さが 30m を超えるような場合にはこれだけでは不十分であり、逆に幅

の狭い建築物では長さ方向に、一列に 20 ～ 50m 間隔に配置すれば、一般的にほぼ満足されよう。」としている。

大深度地下の特定のためには、同様の精度で地盤調査を実施することが望ましいが、土地利用が複雑化、高度化している大都市では、どこでもボーリングが実施できるものではなく、また、コストのことを考えれば、ある程度の間隔でボーリングを実施せざるを得ない。

既存のシールドトンネルにおいては、表 3.18 に示す通り 100m ～ 200m 程度の間隔でボーリング調査を実施している例が多く、また、各種基準・指針等においては、100m ～ 200m 程度の間隔のボーリング調査を推奨している。

表 3.18 トンネル工事におけるボーリング調査の間隔の例

用途	形式	事業延長	平均調査間隔
河川	シールド	約6 k m	約240m
河川	シールド	約2 k m	約170m
鉄道	シールド	約5 k m	約360m
鉄道	シールド	約6 k m	約220m
鉄道	シールド、NATM	約 6km	約 240m
道路	NATM	—	約100m
道路	NATM	約1 k m	約45m
河川	NATM	約2 k m	約100m

ボーリング間隔を狭めて密に実施すれば、精度が上がり、より精緻に大深度地下空間の特定が可能となるが、大深度地下の特定のためには、ボーリングした箇所の支持層の上面が、どのように連続して存在するかを特定できれば足り、その意味では、ボーリング間の支持層の連続性を確認することが重要である。

支持層とそれ以外の地層とは、地盤の堅さ等の性状が大きく違い、例えば、弾性波（S波）速度は、数倍の違いがあり、この性質を利用した弾性波探査法を含む表 3.19 にまとめた物理探査により支持層の連続性を調べることができる。

表 3.19 都市における大深度地下地盤調査に適用が可能な物理探査手法

探 査 手 法		特 徴	適用上の留意点
地 表 部 か らの探査	弾性波（S波）探査 浅層反射法	S波の利用によって硬軟互層の地層区分、地盤強度に関する物性値の評価が可能。	地上に構造物がある場合は、測線設定が不可能であり、また、地下街地域では測定困難。
	比抵抗二次元探査	比抵抗を利用することにより、地層区分、地盤の水理的性状を評価することが可能。	地上に構造物がある場合、又は舗装のある場合は、電極設定が不可能で測定不能。地下街地域では測定困難。
ボーリ ング孔を利 用する探 査	弾性波トモグラフィ	S波の利用によって硬軟互層の地層区分、地盤強度に関する物性値の評価が可能。	ボーリング間隔が広すぎると、中間の探査精度が低下する。
	比抵抗トモグラフィ	比抵抗を利用することにより、地層区分、地盤の水理的性状を評価することが可能。	埋設鋼管、送電線、地下鉄等の伝導体又は迷走電流があると、精度が低下する。
	VSP探査法	S波の利用によって硬軟互層の地層区分、地盤強度に関する物性値の評価が可能。	浅層反射法と併用し、深度解析の精度を高める。

このように、必ずしもボーリングでなくとも、物理探査により支持層の上面を把握することは可能であり、ボーリング調査と物理探査を併用することによって精緻な大深度地下の範囲の特定が可能であると考えられる。

3.5.4 大深度地下空間の特定方法のまとめ

建築物の支持層については、原則としてN値 50 以上の地盤で、かつ、支持層が浅く直接基礎形式を想定する場合は、地盤の長期許容応力度 1000kN/m^2 以上、支持層が深く杭基礎形式を想定する場合は杭の長期許容支持力度 2500kN/m^2 以上を有する地盤を特定し、これを支持層と判断する。

この支持層が浅い場合（支持層上面が 30m より浅い場合）は地下 40m を大深度地下の上面とし、支持層が深い場合（支持層上面が地下 30m 以深の場合）は支持層上面から 10m 深を大深度地下の上面とする。

なお、現在は、各種行政指導により、基礎の許容支持力度はある一定範囲に収まっているが、建築物の性能規定化により、今後、これを超える建築物が建築されることも想定される。しかしながら、大深度地下使用制度ではこれらの数値をあくまでも支持層を特定するための条件として挙げているのであり、建築物においてこれ以上の荷重の載荷を禁止しているものでなく、また、建築物の実態から見てもこれらの数値はかなり余裕がある数値といえる。

3.6 大深度地下施設と建築物との離隔距離

3.5 節は土地所有者により通常の利用が行われない地下空間の上面の特定方法を示したものである。しかしながら、通常、地下構造物間では、それぞれ有意な影響を回避するため、必要な距離（離隔距離）を隔てることとしており、大深度地下施設においても、施設の規模に応じて、既存建築物や前提とする建築物の基礎との間に適正な離隔距離を得る必要がある。

言い換えれば、建築物側から見て必要な離隔距離は、大深度地下の定義を定める上で考慮されており、ここでは、大深度地下施設から見て、支持層が浅い場合は直接基礎の基礎底、支持層が深い場合は基礎杭の先端との間で必要とされる離隔距離について検討する。

なお、定義において、支持層が浅く直接基礎を想定する場合には 15m、支持層が深く杭基礎を想定する場合には 8m の離隔距離が既に得られていることから、ここでは、これ以上の離隔距離の検討が必要となる大口径のトンネルを想定するものとする。

離隔距離を検討するに当たって、建築物と大深度地下施設の建設の順序によって

①既存の建築物の地下に大深度地下施設を設置する場合

②大深度地下施設設置後に建築物を建築する場合

の 2 つの場合について検討する必要がある。

①については、トンネル掘削によりグランドアーチが十分形成されるかという観点、②については、トンネル上部の大規模掘削によりグランドアーチが影響を受けず十分維持されるかという観点から、大深度地下施設に必要な離隔距離を検討した。

この場合において、大深度地下地盤の捉え方としては、①塑性的挙動を前提とするか、②弾性的挙動を前提とするかの 2 つのアプローチが考えられる。土の塑性的挙動を反映して離隔距離を検討する方法としては、緩み土圧理論が挙げられる。弾性的挙動を反映して離隔距離を検討する方法としては、Boussinesq の方法が挙げられる。また、土の塑性的挙動、弾性的挙動の両方を検討する方法として FEM が挙げられるが、FEM で地盤の塑性的性質を検討する方法は複雑で手間がかかるという問題がある。

大深度地下は堅くて締まった地盤であることから、弾性的な挙動を示すものとも考えることもできることから、従来の塑性的な取り扱いに加え、FEM 等の弾性的なアプローチによる取り扱いでも比較

の高い精度を得ることが可能であり、精緻に検討を行う際に FEM 等によるアプローチが行える場合にはこれを行った。

しかしながら、地盤を連続体として取り扱う FEM では、ある点に作用した荷重による変形等の影響範囲は計算領域の境界にまでおよび、「影響のある範囲」と「影響のない範囲」の区別をつけることが困難であることから、離隔距離の検討においては、塑性理論である緩み土圧理論により検討を行った。

3.6.1 既存建築物の地下に大深度地下施設を設置する場合の離隔距離

既存建築物の地下に大深度地下施設を設置する場合には、トンネル掘削に伴う地盤の緩みの影響が建築物基礎まで及ばないように必要な距離を隔てることとして検討を行った。つまり、いわゆる”緩み領域”の中に建築物基礎が設置されないよう必要な離隔距離をとることを基本として、①既存のシールド工事における事例の検討、②緩み領域から見た必要な離隔距離の検討をもとに総合的に勘案し、離隔距離を検討した。

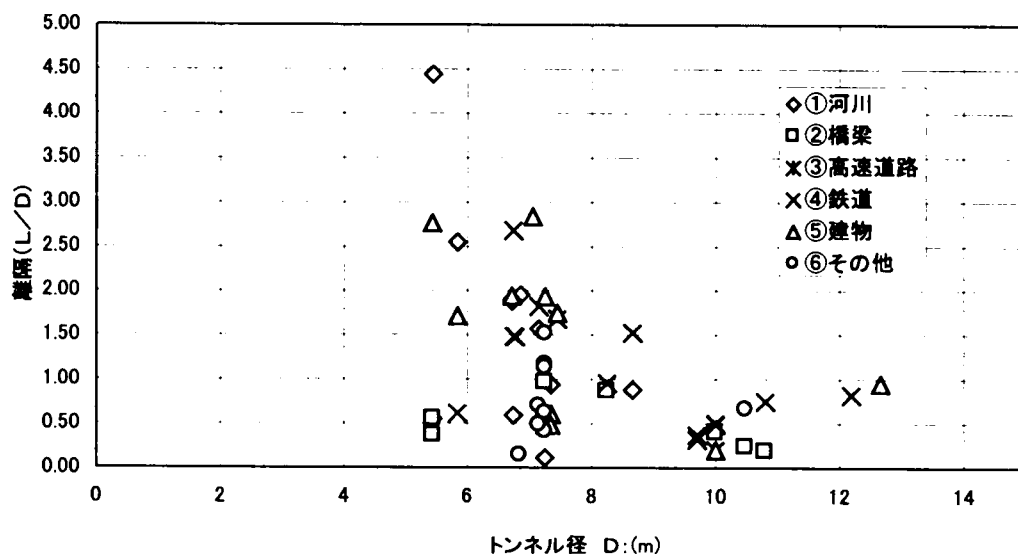
(1) 既存シールドにおける検討

実際の事業における事例について、財団法人鉄道技術協会¹⁶⁾は、シールドトンネルと近接構造物の離隔距離、対策工の有無、影響の有無を整理しており、これをもとに離隔距離とトンネル径の関係を整理した。

ほとんどが土被りが浅い箇所における事例であり、多くの場合、薬液注入等の地盤改良を行っているが、大深度地下地盤は原則としてN値 50 以上の支持層以深の地盤であることを考えれば、薬液注入後の地盤以上の堅さを有していると考えることができる。

過去の実績からは、図 3.22 に示す通り、離隔距離 1D 以内で施工した事例も多く、このほとんどが近接物に影響なく施工を行っている。また、対策工なしで、離隔距離 1D 以内で施工している事例もある。

したがって、大深度地下空間においては、離隔距離 1D 以下で、施工することが可能といえる。



資料：鉄道技術協会資料をもとに作成

図 3.22 シールドトンネルと近接工作物との離隔距離

(2) 緩み領域との関係

緩みは、地盤が塑性変形をすることにより生じ、この領域を通常緩み領域と呼んでいる。建築物への影響が建築物基礎周辺の地盤が塑性変形を生じることにより生じるものと考えれば、緩み領域の範囲に建築物基礎が入らないように離隔距離を定めればよいと考えることができる。

ここでは、緩み領域がどの程度の範囲で発生するのかを既存の事例から検討するとともに、Terzaghiの緩み土圧における換算緩み高さ（緩み土圧/トンネル径）とトンネルの径とを比較することにより必要な離隔距離を検討した。

トンネル掘削による緩み領域の研究について、足立ら¹⁷⁾はアルミ棒積層体地山を用いた室内モデル実験などから、被りが浅い場合は地表面にまで大きな変位が生じるが、被りが深くなるにしたがって大きな変位を示す領域は縮小すること、厳密に浅いトンネルと深いトンネルとを区別するのは容易でないが、 $H=2D$ 、 $\sim 3D$ の間に境界があると考えられることを報告している。

大深度地下施設に設置される施設は、地下 40m より深く、トンネル径の数倍以上の土被りを有することから、大きな変位を示す領域は小さいものと見なす。

緩み領域の大きさについて、桜井¹⁸⁾及び(社)日本トンネル協会¹⁹⁾は、在来工法、山岳工法のトンネルの緩み領域を計測した事例をまとめている。堅く締まった地盤では、緩み領域の範囲は、トンネル幅 5m の場合は在来工法で 2.3m 以内、NATM 工法で 1.2m 以内、TBM 工法で 0.6m 以内であるとしている。また、トンネル幅 10m の場合は在来工法で 3.5m 以内、NATM 工法で 1.8m 以内、TBM 工法で 0.9m 以内としている。これより、緩み領域はトンネル断面の直径相当より小さいことがわかる。

技術指針では、シールド工法を前提に施設の建設を考えているが、シールド工法は NATM 工法と同様に地山を緩めない工法であり、緩み領域の範囲が小さいと考えれば、緩み領域は直径相当より小さいと考えることができる。また、Terzaghi の緩み土圧の式により、いくつかのトンネル径を想定し、土の内部摩擦角、土の粘着力を変化させて、換算緩み高さ h_0 （緩み土圧/トンネル径）とトンネル径 D との関係を検証した。結果を図 3.23 に示す。

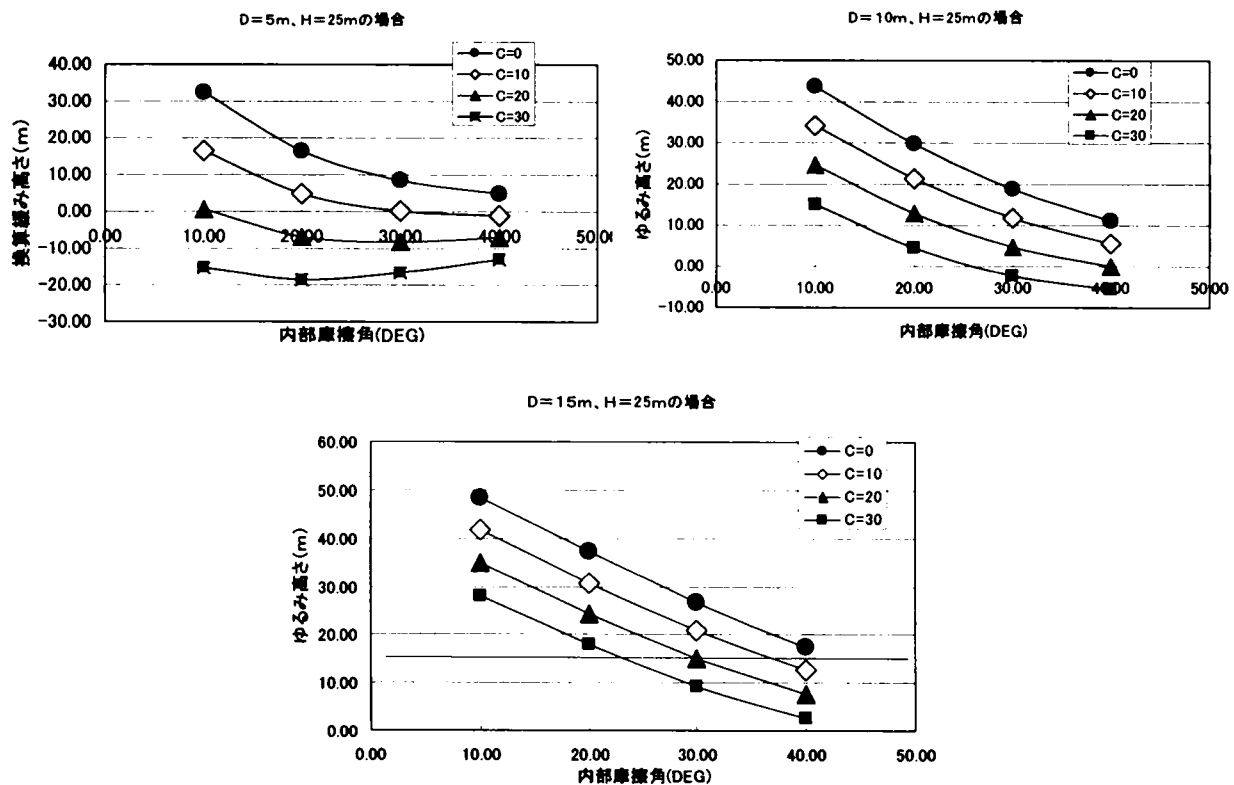


図 3.23 内部摩擦力と緩み高さの関係 (D=15m, 10m, 5m)

なお、このグラフにおいて、負の値を示しているのは、内部摩擦力、粘着力が大きく Terzaghi の緩み土圧が負として算定されるためであるが、このような領域では換算緩み高さは非常に小さいものと見なせる。このように考えれば、この計算からは、粘着力 c の値にもよるが、内部摩擦角 ϕ が 40° 以上あれば、緩み高さはほぼ直径以下になることがわかる。

支持層は原則として N 値 50 以上の支持層以深の地盤であり、 N 値と ϕ の関係について、

大崎の式 $\phi = \sqrt{20N} + 15$

から算定し、建築基礎構造設計指針¹⁵⁾で記述されているばらつきの範囲 $\pm 8^\circ$ 等を考慮して図 3.24 に示すグラフから判断すれば、 N 値が 50 程度あれば、内部摩擦角 ϕ は 40° 程度あることになり、大深度地下地盤の特性を考えれば、換算緩み高は、トンネル径以内に収まるといえる。

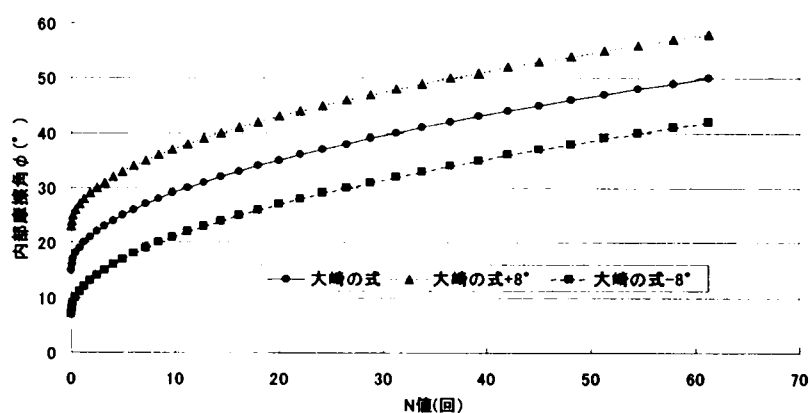


図 3.24 N 値と ϕ の関係 (大崎の式)

以上より、実例からも、換算緩み高をもとにした検証からも、既存構造物地下に大深度地下施設を設置する場合、離隔距離はトンネル径 (1D) 以内に設定できることがわかる。

3.6.2 大深度地下施設設置後に大規模掘削が行われる場合の離隔距離

逆に、先に大深度地下に施設が設置されていた場合、大規模な建築物の地下室の建設のための掘削に対して、どの程度の離隔距離を得ておく必要があるのかについて検討する。

この場合、地下施設への影響としては、①掘削による土のグランドアーチへの影響、②建築物の載荷による荷重の変化、③地盤の変位が考えられるが、建築物の荷重等に対しては、「3.8 大深度地下施設における耐力」で述べる通り、あらかじめ想定して大深度地下施設の耐力を定めることとしており、ここでは、①の土圧について、土のグランドアーチが十分維持され、当面設定した土圧以上の土圧がかからないための離隔距離がどの程度必要なのかを検討する。

なお、③の地盤変位については、「3.7 大深度地下施設と地上建築物の相互影響について」で述べる。

桜井²⁰⁾は、図 3.25 のとおり、トンネル横断面の地盤状況をアルミ棒の積層体で、トンネルの支保工をエアバックでモデル化した 2 次元問題としてモデル実験を行っている。

この実験からは①トンネル上方を一様に掘削する場合は、トンネルの土被りが 0.5D、1.0D どちらの場合も支保工による最小支保土圧 (エアバック内圧) は 0.14D であること、②トンネル上方をトレンチ掘削 (溝掘) する場合は、トンネル上方 0.3D までトレンチ掘削が行われると最小支保土圧が

急増すること、が報告されている。

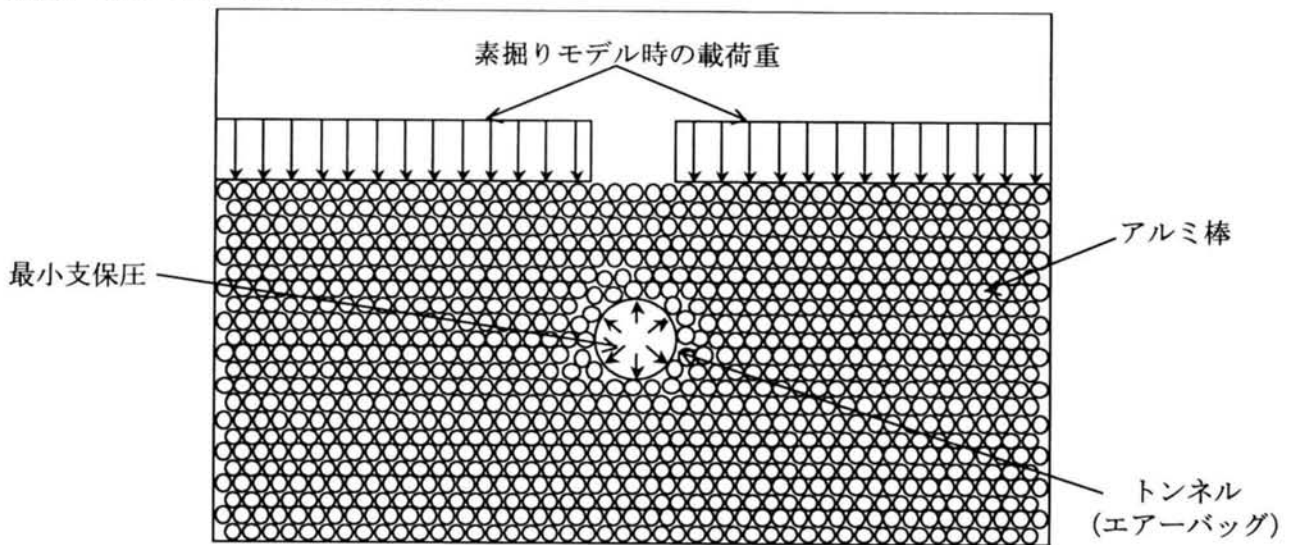


図 3.25 実験モデル図

また、桜井ら²¹⁾は、図 3.26 に示す既設のトンネルについて、上部の地盤を完全に掘削する場合に、トンネル及び周辺地盤がどのように挙動するのかを現地計測している。

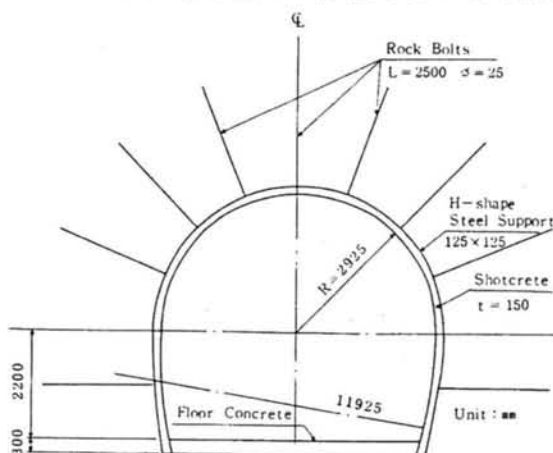
実験は、土被り 21m の上半半径 3m の NATM トンネルの上部を実際に掘削し、測定することにより行われている。トンネル位置の地盤は大阪層群である。

掘削において、土圧は、地表面の掘削時は常に除荷の方向に作用し、土被り 2m になってもその傾向が変わらなく、土被り 2m の状態から、土のグランドアーチを壊すためにトンネル上をトレンチ掘削した場合には、一転して载荷状態となった。

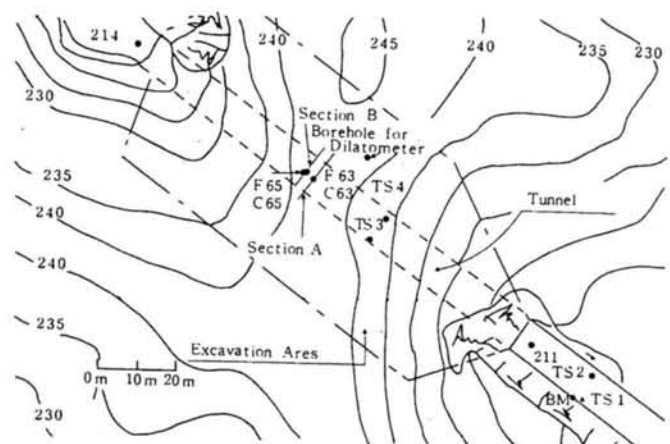
これより、少なくとも、土被り 2m の地点までは土のグランドアーチが作用しており、トンネル径相当以下の土被りでも土のグランドアーチが作用していることがわかる。

この実験データから、桜井らは、さらにデータの蓄積が必要としているが、地表面掘削の影響は、たとえ土被りが小さくなくても常に除荷であり、かなり一般性のある結論のように思われるとしている。

NATM 工法は地山を緩めない工法であるが、密閉式シールド工法も同様に地山を緩めない工法であり、上部の掘削により土被りが小さくなくても土のグランドアーチが十分に維持され、当初に設定した土圧より大きな土圧が作用しないと考えることができる。



(a) トンネル断面図



(b) トンネル掘削位置平面図

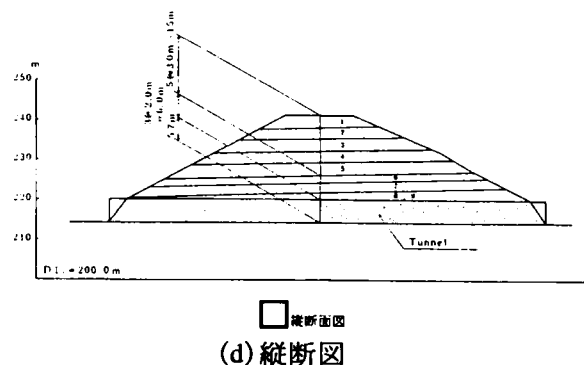
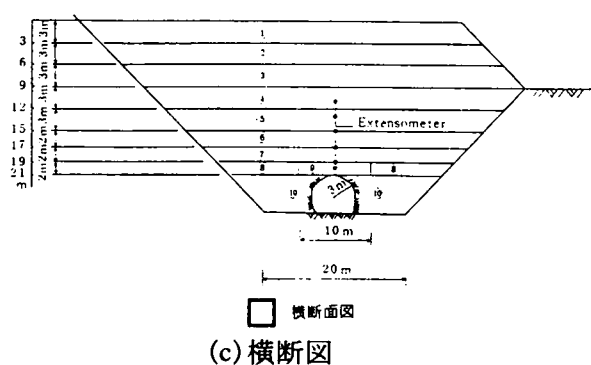


図 3.26 桜井らの実験の図

3.6.3 離隔距離のまとめ

大深度地下使用制度においては、直接基礎の場合は基礎スラブ底面より 15m、杭基礎の場合は、支持層上面より 10m の離隔距離があらかじめ確保されていることから、トンネル径がある程度大きな場合を想定して、離隔距離を考えればよい。

既存建築物の下をトンネル掘削する場合、トンネル構築後に建築物建設のための大規模掘削を行う場合の両者とも、どの程度の離隔距離があれば十分かについて、明確に結論づけることはできないが、施工実績や実験結果からは、トンネル径相当 (1D) より小さくても影響ないと考えることができる。

トンネル標準示方書 [シールド工法編]・同解説²²⁾においては「第37条 併設トンネルの影響」として「併設するトンネルの位置が水平方向、上下方向いずれの場合においてもその離隔距離が後続するトンネル外径 (1D) 以内の場合には十分な検討が必要である」としている。

また、鉄道構造物等設計標準・同解説シールドトンネル²³⁾においては「5.10 併設トンネルの影響」として、「一般に1.0Do以上の純離隔があれば、その影響は小さいとしており、従来より検討が省略されている。(略) 一般に併設トンネルの純離隔が1.0Do未満の場合には、影響を無視できない可能性があるため、その検討を行う必要がある。」としている。

これらの示方書、指針は、大深度地下だけでなく、浅深度地下の地盤をも対象としているものであり、大深度地下の技術指針を定めるに当たっては、大深度地下地盤の特性、施工実績や実験結果などから、既存の指針とは別に離隔距離を 1D より小さく設定することも可能であったともいえるが、既存の示方書などにおける記述とあえて違う結論を導き出すに十分な結論を得ることができなかったことから、大深度地下使用制度においては、既存の指針と同様に離隔距離は原則として 1D 以上とすることとした。

この点については、大深度地下の地盤特性を十分反映できたとはいえず、安全側に設定しており、今後、見直す必要があるといえるが、地盤の性状、想定する地下施設の規模によってどの程度の離隔が必要となるのかなどに関し、ほとんど実績の蓄積もなく、また、これを理論化できるほど研究も進んでいないことから、今後、大深度地下利用に当たっての知見を蓄積し、検討を行うことが必要である。

離隔距離を算定する際の建築物の基礎の位置については、前提とする建築物の規模から、直接基礎の場合 (支持層が浅い場合) は、地表面から25mの位置、杭基礎の場合 (支持層が深い場合) は、現行最大規模の杭径4mの拡底杭の必要な根入れ長2m (杭径の1/2) により、支持層上面から2mの位置とした。

基礎種別に基礎との離隔距離の関係を図示すると図3.27の通りである。

直接基礎の場合、基礎底面から大深度地下の上面までの離隔距離として、既に15mが確保されており、トンネル径が15m以内であれば、大深度地下施設から必要となる離隔距離は1D以上確保されてい

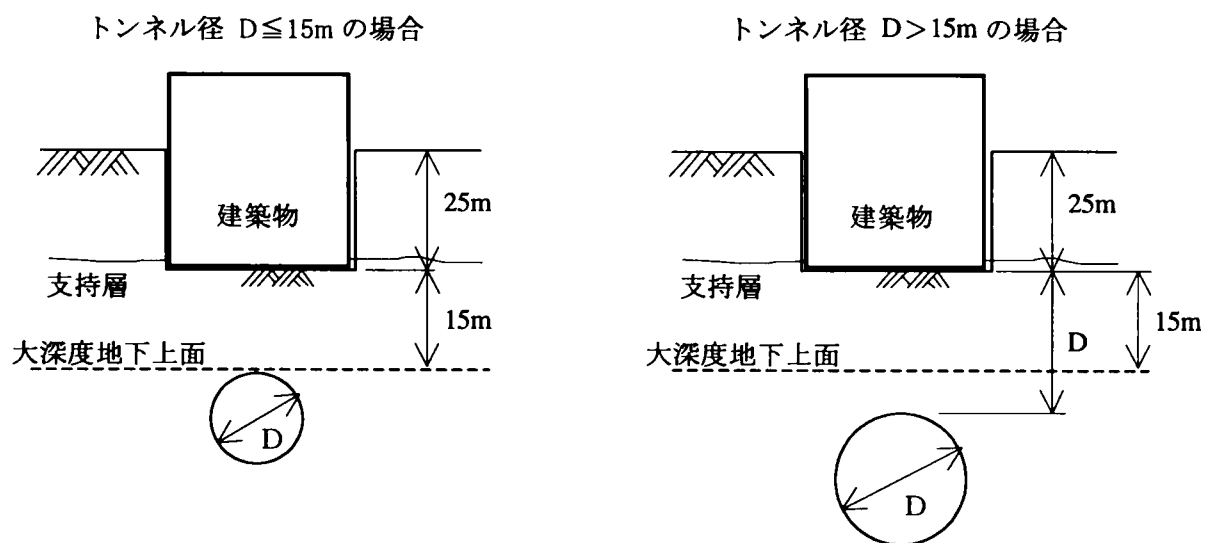
ることとなる。

したがって、大深度地下施設の位置を大深度地下上面よりさらに深くする必要があるのは、トンネル径が15mを超える場合となる。

杭基礎の場合、前提とする建築物の杭先端から大深度地下上面までの離隔距離として、既に8mが確保されており、トンネル径が8m以内であれば、大深度地下施設から必要となる離隔距離は1D以上確保されていることとなる。

したがって、大深度地下施設の位置を大深度地下上面よりさらに深くする必要があるのは、トンネル径が8mを超える場合となる。

直接基礎の場合



杭基礎の場合

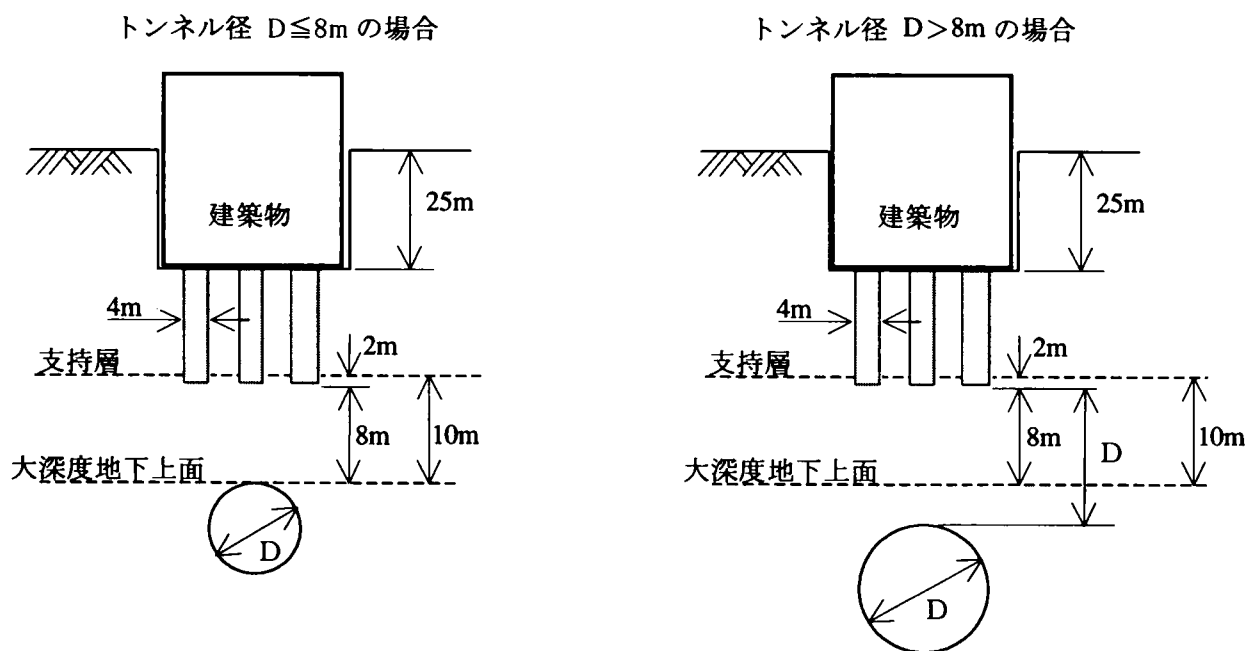


図 3.27 離隔距離のイメージ

3.7 大深度地下施設と地上建築物の相互影響

3.6 節では、土のグランドアーチが保持される観点から、必要な離隔距離を算定したが、この他に①シールド掘削による地盤の変形による建築物への影響、②地表面の地盤の大規模掘削による地盤の変形による大深度地下施設への影響、③建築物の載荷による地盤の変形による大深度地下施設への影響、といった大深度地下施設と地上建築物の相互影響が考えられる。

大深度地下は、支持層以深の地盤であり、今まで利用が進められてきた浅深度地下と比べ、より堅く変形しにくい工学特性を持つ地盤で構成されていることから、影響は小さいと考えられ、一般的には、相互に支障が生じることは想定しにくい。本節では、これらの影響について検討した。

3.7.1 シールド掘削による地表面沈下等の影響

シールド掘削に伴う切り羽の土水圧の不均衡、掘削時の地山の乱れ、テールボイドの発生と裏込め注入の不十分、一次覆工の変形及び変位、地下水位の低下等により、隆起・沈下の地盤の変状を生じる可能性がある。

これらを原因とする地表面沈下等は、開放型シールド工法、密閉式シールド工法とその選択する工法によっても大きく違う。大深度地下は、高い水圧が作用することから、一般的には泥水加圧式シールド工法等の密閉式シールド工法が採用されることが想定される。よって、ここでは、泥水加圧式シールド工法を前提として検討した。

近年の都市部における泥水加圧式シールド工法による地表面沈下の実績は、表 3.20 の通り、2 ～ 4mm 程度となっている。

一方、影響を受ける側の建築物としては、実例からは、RC 構造 5 階～ 9 階建ての場合で沈下量 5mm を許容値としている例があった。したがって、十分な施工管理を実施すれば、建築物に支障なく掘削が可能な技術水準にあるといえる。

表 3.20 最近における都市部のシールド工事による地表面沈下の実績

工事名	トンネル径 (m)	土被り (m)	最大地表面 沈下量(mm)	施工時期	備 考
東京都下水道 大田幹線	8.2	14.7	3.5	H1 年 ～ H3 年	
大阪市地下鉄 1 号線 大和川工区	6.9	6.1 ～ 23.6	3.0	S55 年 11 月～ S59 年 4 月	
営団地下鉄 7 号線 後楽工区	10.6	30.2	3.5	H1 年 6 月～ H6 年 12 月	
営団地下鉄 7 号線 飛鳥山線区	6.6	17.4	2.8	S61 年 2 月～ H2 年 8 月	双設シールド

資料：(社) トンネル技術協会「トンネルと地下」より作成

また、シールド掘削に伴う解析方法として、(社) トンネル技術協会²⁴⁾は、文献調査によりどのような解析手法が採用されているのかを調査している。表 3.21 に示す通り、多くは、FEM 解析を採用しており、応力解放率の与え方としては、初期土圧に解放率をかける場合は、10 ～ 20%、初期土圧と泥水圧の差に応力解放率をかける場合は 30%以上を採用している事例が多い。

さらに、密閉式シールドの場合については、「良好な施工が行われれば、テールボイドの沈下以外はほとんど問題ないと考えられるので、予測は簡略化や省略ができ、入力定数や解析モデルを工夫す

ることにより、2次元解析でも実用上十分な精度で地盤変位を予測することが可能なレベルにある」としている。

表 3.21 文献調査による解析条件一覧表

解析条件	実 績 調 査 結 果																																											
基礎方程式	応力解析 ； 3 5 件 (FEM 以外； 5 件)																																											
解析モデル の次元	<table><tr><td>解析モデルの次元</td><td>件数</td></tr><tr><td>二次元</td><td>3 2</td></tr><tr><td>準三次元</td><td>1</td></tr><tr><td>軸対称</td><td>2</td></tr></table>			解析モデルの次元	件数	二次元	3 2	準三次元	1	軸対称	2																																	
	解析モデルの次元	件数																																										
	二次元	3 2																																										
	準三次元	1																																										
	軸対称	2																																										
構成式	<table><tr><td>構成式</td><td>件数</td></tr><tr><td>弾性・線形</td><td>2 9</td></tr><tr><td>弾性・非線形</td><td>4</td></tr><tr><td>弾塑性</td><td>2</td></tr></table>			構成式	件数	弾性・線形	2 9	弾性・非線形	4	弾塑性	2																																	
	構成式	件数																																										
	弾性・線形	2 9																																										
	弾性・非線形	4																																										
	弾塑性	2																																										
境界条件 応力解放率	<table><tr><td>境界条件の設定方法</td><td>解放率</td><td>件数</td></tr><tr><td rowspan="6">応力解放率×初期土圧</td><td>—</td><td>1</td></tr><tr><td>10%未満</td><td>1</td></tr><tr><td>10 ～ 20%</td><td>6</td></tr><tr><td>20 ～ 30%</td><td>2</td></tr><tr><td>30 ～ 50%</td><td>2</td></tr><tr><td>100%</td><td>1</td></tr><tr><td rowspan="5">応力解放率×(初期土圧－泥水圧)</td><td>10%未満</td><td>—</td></tr><tr><td>10 ～ 20%</td><td>2</td></tr><tr><td>20 ～ 30%</td><td>2</td></tr><tr><td>30 ～ 50%</td><td>5</td></tr><tr><td>100%</td><td>—</td></tr><tr><td>応力解放率×(初期土圧－裏込注入圧)</td><td>10%</td><td>1</td></tr><tr><td>初期土圧－静水圧</td><td>100%</td><td>1</td></tr><tr><td rowspan="2">未記入</td><td></td><td>8</td></tr><tr><td>10 ～ 20%</td><td>3</td></tr><tr><td colspan="2"></td><td>35</td></tr></table>			境界条件の設定方法	解放率	件数	応力解放率×初期土圧	—	1	10%未満	1	10 ～ 20%	6	20 ～ 30%	2	30 ～ 50%	2	100%	1	応力解放率×(初期土圧－泥水圧)	10%未満	—	10 ～ 20%	2	20 ～ 30%	2	30 ～ 50%	5	100%	—	応力解放率×(初期土圧－裏込注入圧)	10%	1	初期土圧－静水圧	100%	1	未記入		8	10 ～ 20%	3			35
	境界条件の設定方法	解放率	件数																																									
	応力解放率×初期土圧	—	1																																									
		10%未満	1																																									
		10 ～ 20%	6																																									
		20 ～ 30%	2																																									
		30 ～ 50%	2																																									
		100%	1																																									
	応力解放率×(初期土圧－泥水圧)	10%未満	—																																									
		10 ～ 20%	2																																									
		20 ～ 30%	2																																									
		30 ～ 50%	5																																									
		100%	—																																									
	応力解放率×(初期土圧－裏込注入圧)	10%	1																																									
	初期土圧－静水圧	100%	1																																									
未記入		8																																										
	10 ～ 20%	3																																										
		35																																										

資料：(社)トンネル技術協会「地中構造物の建設に伴う近接施工指針」²⁴⁾

これを参考に、応力開放に伴う地盤の変形を2次元弾性 FEM 解析を用い、大深度地下におけるシールド掘削時の地表面への影響（沈下等）について検討を行った。

解析条件を表 3.22 に、解析モデルを図 3.28 に、解析ステップを図 3.29 に示す。なお、解放率は、初期土圧と泥水圧の差にかけることとし、営団の検討例²⁵⁾を参考に 0.35 とした。

表 3.22 計算における仮定条件

セグメントの条件

セグメント外径	セグメント内径	セグメント厚	変形係数	断面二次モーメント	単位体積重量
(m)	(m)	(m)	E_c (kN/mm ²)	I (m ⁴)	γ (kN/m ³)
15.00	13.50	0.75	35	0.0352	26

施工の条件

設定泥水圧	水圧+50 kN/m ²
応力解放率	35%
沈下量	5.5mm

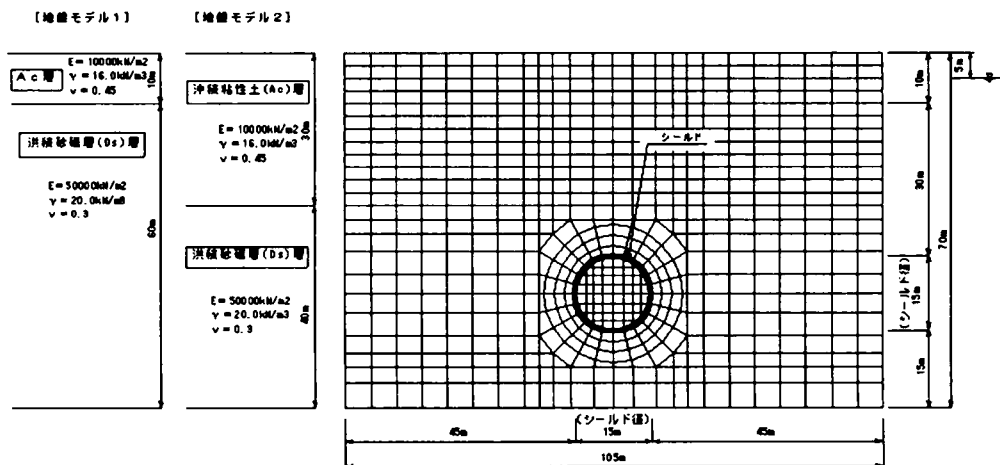
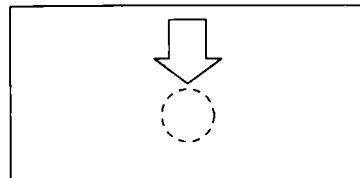
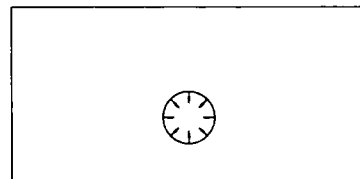


図 3.28 解析モデル図

STEP-1 初期応力解析



STEP-2 0.35(σ₀ - σ_f)
の応力を解放



σ₀ : 地盤応力
σ_f : 泥水圧

STEP-3 セグメント構築後
残りの応力を解放

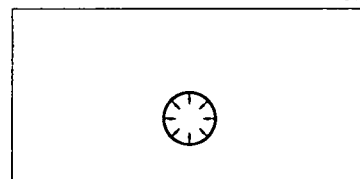
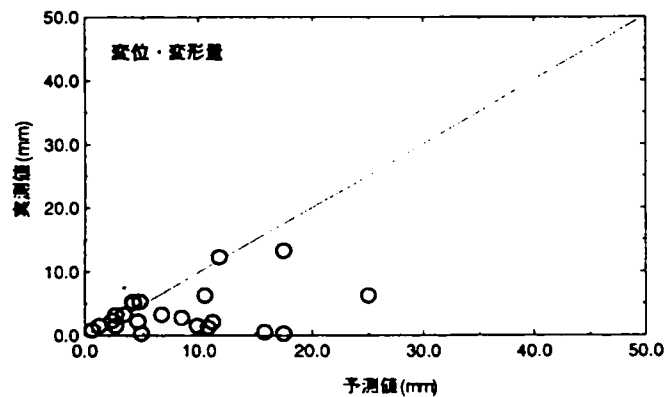


図 3.29 解析ステップ図

計算より沈下量は 5.5mm 程度となった。実績より大きな値となっているが、(社) トンネル技術協会²⁴⁾ がまとめた図 3.30 によると、これまでに予測された値と実績値の関係では、予測値が実績値を大きく上回る傾向にある。



資料：(社) トンネル技術協会「地中構造物の建設に伴う近接施工指針」²⁴⁾

図 3.30 地表面沈下の予測値と実測値の比較

また、表 3.23 に示す通り、実績値から応力解放率を逆解析した事例からは、応力解放率は 3.6 ～ 7.3 % であり、予測手法にもよるが、一般的に用いられている値をかなり下回った値となっており、実績値は計算値よりかなり小さいといえる。

表 3.23 鉄道トンネルにおける逆解析の事例

項 目 線 名	トン ネル 外径	土被り	土質	平均弾性係数 平均ボアソン 比	地表面沈下量		応力解 放率 (B/A)
					計算値 (A) (Jeffery)	実測値 (B)	
大阪市地下鉄 7 号線 京橋シールド	5.3m	西行き 26.4m 東行き 29.0m	沖積砂質土 沖積粘性土 洪積砂質土 洪積粘性土	$E=1922 \text{ (tf/m}^2\text{)}$ $\nu=0.390$ $E=2183 \text{ (tf/m}^2\text{)}$ $\nu=0.385$	41.1mm	3mm	7.3%
大阪地下鉄 1 号線 大和川シールド	6.8m	15.4m	洪積砂質土 洪積粘性土	$E=2551 \text{ (tf/m}^2\text{)}$ $\nu=0.372$	55.0mm	2mm	3.6%
大阪市地下鉄 1 号線 大和川シールド	6.8m	9.9m	洪積砂質土 洪積粘性土	$E=1933 \text{ (tf/m}^2\text{)}$ $\nu=0.377$	68.6mm	3mm	4.4%
鉄道公団 京葉都心線 新川トンネル	8.1m	25.2m	沖積砂質土 沖積粘性土 洪積砂質土 洪積粘性土	$E=2081 \text{ (tf/m}^2\text{)}$ $\nu=0.374$	97.4mm	3.5mm	3.6%
鉄道公団 京葉都心線 新川トンネル	8.1m	24.6m	沖積砂質土 沖積粘性土 洪積砂質土 洪積粘性土	$E=2062 \text{ (tf/m}^2\text{)}$ $\nu=0.368$	98.8mm	3.8mm	3.8%

資料：J R 片福線淀川渡河部検討資料

3.7.2 大規模掘削による地盤の変形による大深度地下施設への影響

また、逆に、先に大深度地下施設が設置されていて、建築物の建設により大規模に上部が掘削された場合、掘削底面のリバウンド現象により大深度地下施設に支障が生じることも想定できる。

一般的に大深度地下は堅くて締まった地盤であること、相互離隔も十分確保されるため、問題とならないと考えられるが、どの程度の影響が生じるのかを検証した。

(1) 既存建築物の大規模掘削によるリバウンド観測事例

表 3.24 のとおり、既存の建築物の大規模な掘削によるリバウンド量の計測では、支持層まで掘削を行う直接基礎形式の場合は約 20mm 程度リバウンドが観測されている。また、杭基礎形式の建築物の掘削では、掘削底面が堅い地層ではないことから最大 70mm 程度のリバウンドが観測されているが、この場合も、地中に設置した変位計により、掘削底面以深のリバウンド量を計測した観測事例からは、基礎杭を設置する支持層下 10m 以深では 20mm 程度のリバウンド量が観測されており、支持層まで掘削する直接基礎の場合と同様の値が観測されている。

大深度地下施設は支持層以深に設置されることを考えれば、大深度地下の地盤としては最大 20mm 程度のリバウンド量を検討すればよいといえる。

また、表 3.25 に示す既存のトンネル等の地下施設に近接して大規模な掘削を行った事例においては、最大 20mm 程度の浮き上がりが観測されている。これより、先行するトンネルの存在は、掘削によるリバウンド量に大きな影響を与えず、むしろトンネルそのものへの影響を検討する必要があることがわかる。

表 3.24 建築物基礎の掘削におけるリバウンド量の計測例

施設名称	掘削深さ	掘削によるリバウンド
国際通信センタービル	19.9m	掘削面で最大9mm隆起
新宿三井ビル	17m	掘削面で最大20mm(平均15mm)隆起
大阪駅前梅田地区ターミナルエリア	20m	掘削面で10～20mm程度隆起
海老江ポンプ場	21.6m	掘削面で67mm、支持層中心では20～25mmと推定

資料：土と基礎、近接施工技術総覧

表 3.25 既設トンネルの上面を掘削によるトンネルの浮き上がりの事例

施設名称	トンネル名称	トンネルとの離隔距離	掘削深度	トンネル浮き上がり量
東京ユーロポートホテル	臨海高速鉄道	8m(地盤改良有)	最大17.6m	16mm
山陽電鉄板宿駅	神戸市営地下鉄	0m(アースアンカー有)	約14m	約11mm
横浜下水道開削	下水道	0.55m	約8m	約1.2mm

(2) 大規模掘削によるシールドトンネルへの影響について（シールドトンネル横断方向）

FEM 解析により、大規模掘削によるリバウンドがシールドトンネルの断面力にどのような影響を与えるのかを検討した。

解析は、CASE-1 として大深度地下としては一番浅い地下 40m に施設を設置した場合、CASE-2 として地下 55m と深い位置に設置した場合、CASE-3 として掘削部分の端部にトンネルが位置する場合の 3 ケースについて行った。また、トンネル径については、最大規模の 15m として検討した。解析ケースを図 3.31 に図示する。

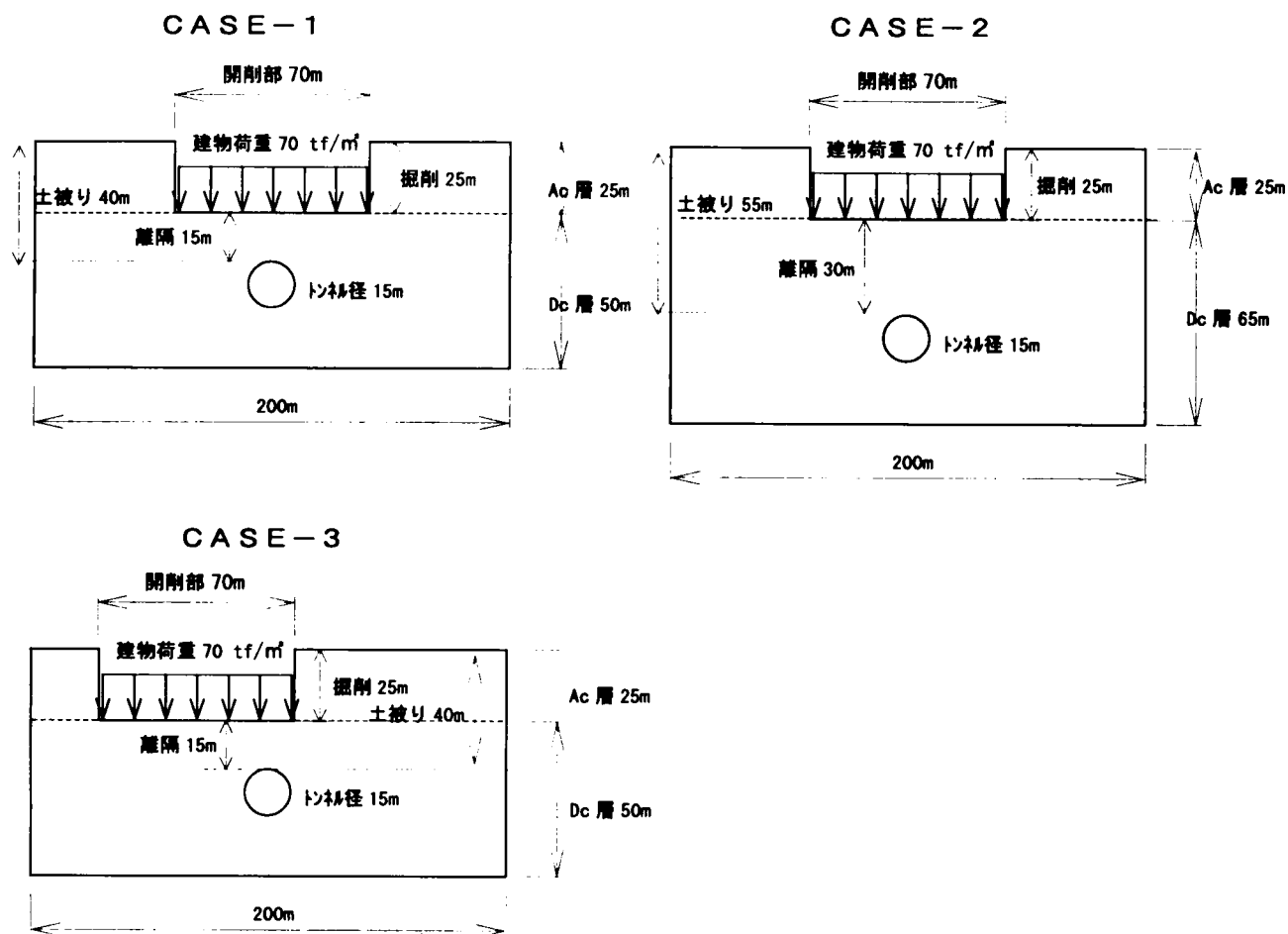


図 3.31 解析ケース図

なお、FEM 解析で開削底面のリバウンド現象を取り扱う場合、一般に実例より大きな計算結果が得られる場合が多い。これは、リバウンド現象が応力の除荷問題であることに原因があると考えられる。したがって、本検討では、トンネル掘削時と、開削時に用いる地盤の変形係数を変えることにし、表 3.24 の過去の大規模開削の底面におけるリバウンド量の実測値 20mm とほぼ等しくなるようにトライアル計算して求めた数値を用いた。なお、表 3.26 にトライアル試算により求めた数値を示すが、ランドマークタワーの基礎設計時に地盤の沈下計算に使用された支持層の変形係数の約 4 倍の値となっている。また、試算に用いたセグメントの物性値は表 3.27 のとおりである。

表 3.26 解析に用いた定数

地層	変形係数 (kN/m ²)		ポアソン比	単位体積重量 (kN/m ³)
	シールド掘削時	開削時以降		
沖積層 Ac	10000	160000	0.45	16
洪積層 Dc	500000	800000	0.30	20

※開削時以降の沖積層の変形係数は解析とは無関係だが洪積層と同じ比率(16 倍)とした。

(参考) 横浜ランドマークタワーの検討に用いられた地盤定数

深さ (m)	0 ~ 25	25 ~ 43	23 ~ 61	61 ~ 97	97 ~ 133	133 ~ 169
変形係数 (kN/m ²)	100000	170000	170000	210000	210000	280000

表 3.27 セグメントの物性値

弾性係数 (kN/mm ²)	断面積 (m ²)	断面二次モーメント (m ⁴)
35	0.75	0.0352

解析 STEP は、図 3.32 に示すように、

STEP 0 : 自重解析

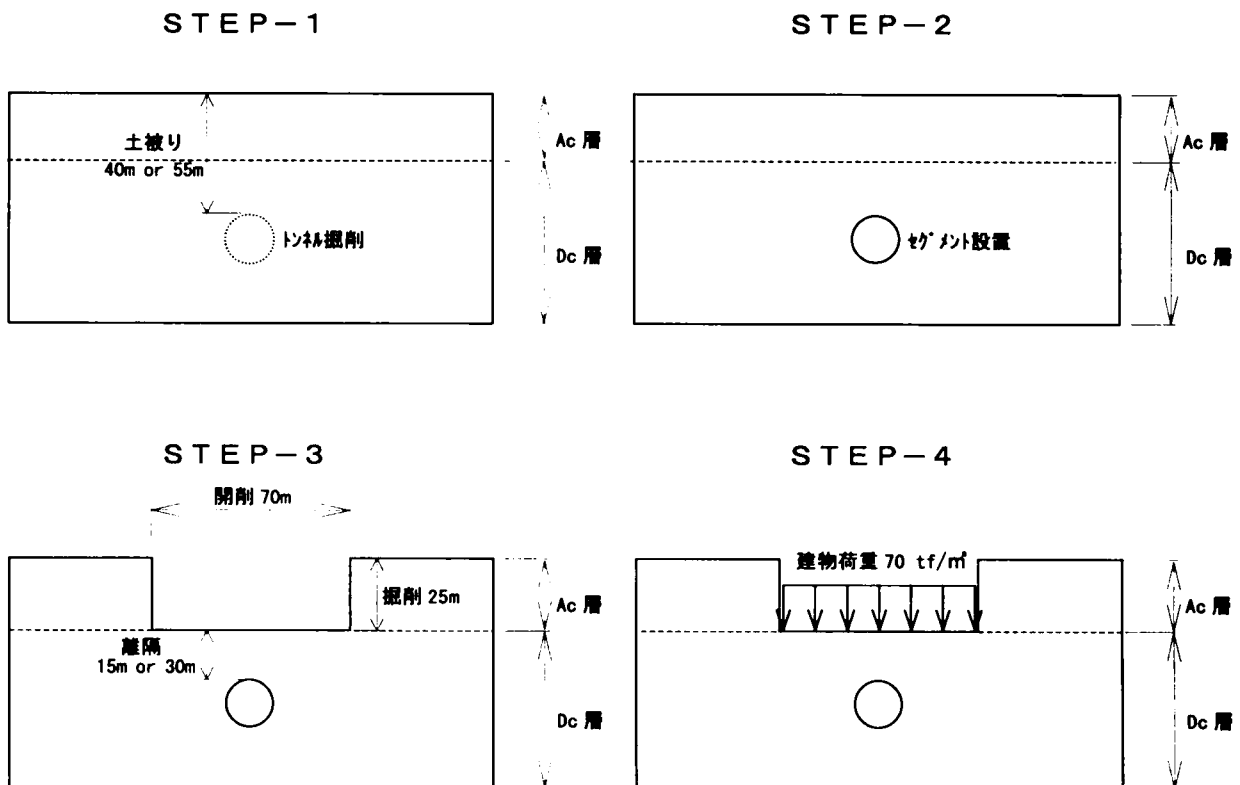
STEP 1 : 応力解放率 10%でトンネル掘削

STEP 2 : セグメントの設置後、応力の残り 90%を解放

STEP 3 : 開削部を掘削 (変形係数を表 3.26 のものに変更)

STEP 4 : 開削底面に建築物荷重 700kN/m²を載荷 (次節引用)

として、開削した底面に建築物を載せる過程とした。



※地盤の変形係数を変更 (大きく) する。

図 3.32 解析ステップ

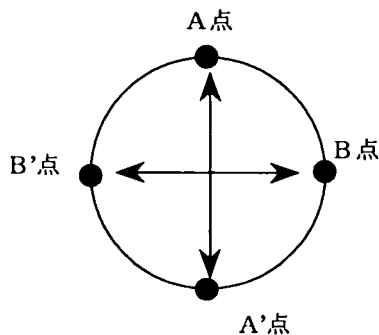


図 3.33 計測点

この解析による、掘削底面のリバウンド量は 20.3mm、トンネル頂部における浮き上がり量は 15.6mm である。

図 3.33 に示す解析ポイントにおけるトンネルにおける鉛直伸び量、水平伸び量からを表 3.28 に示すが掘削により縦方向にトンネルが伸び、載荷によりこれが横方向につぶれることがわかる。しかしながら、どのケースにおいてもその相対的な変位量は最大で 11.5mm 程度、トンネル径の 0.08%程度であり、ほとんど影響がないといえる。

表 3.28 鉛直伸び量、垂直伸び量
STEP - 2 からの A - A' 間鉛直伸び量 (mm)

	STEP - 3	STEP - 4
CASE - 1	11.52	- 8.31
CASE - 2	9.85	- 8.40
CASE - 3	6.89	- 6.64

STEP - 2 からの B - B' 間水平伸び量 (mm)

	STEP - 3	STEP - 4
CASE - 1	- 9.57	6.36
CASE - 2	- 8.17	6.81
CASE - 3	- 5.39	4.92

(3)大規模掘削によるシールドトンネルへの影響について（シールドトンネル縦断方向）

また、上部の大規模掘削によりトンネルが縦断方向にどの程度隆起するのかが問題となる。

シールドトンネルが完成後、どの程度の変形に対処できるかを示す事例として、掘削に伴う浮き上がりとは逆方向の変形であるが、埋め立て直後に掘進したシールドトンネルが最大 70cm 程度沈下した大阪南港かもめシールドトンネルの例²⁶⁾がある。かもめシールドトンネルは、送電と天然ガス輸送のために建設された延長 1320m、トンネル径 5.4m の泥水加圧式シールド工法によるトンネルであるが、可撓性セグメントの採用や二次覆工に目地をつけるという事前の対策により、埋め立て地の沈下による地盤の変形に追従し、供用には問題がなかった。これより、シールドトンネル自体、地盤によく追従して変形できることがわかる。

図 3.34 のモデルを用いた FEM 解析により、上部の掘削を原因としてトンネルがどの程度縦断方向に隆起するのかを検討した。トンネルは地盤に追従して変形すると考え、トンネルはモデル化せずに地盤のみモデル化した。

なお、地盤の変形係数は横断方向の検討で用いた開削時の変形係数とした。

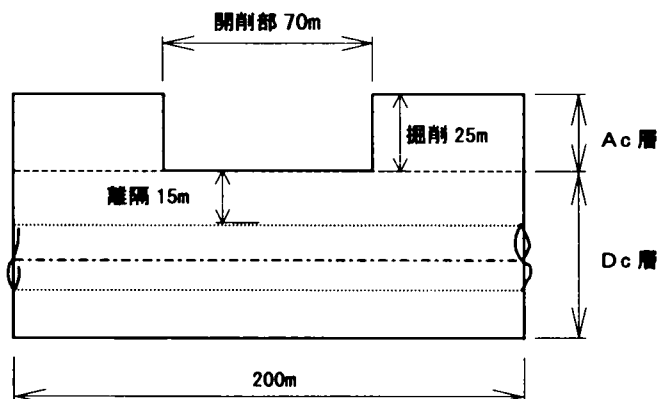


図 3.34 解析モデル図

図 3.35 に示す通り、計算より得られたトンネル中心位置での地盤の縦断方向隆起量の分布からは、最大隆起量は 9.3mm であり、最も、隆起勾配が大きな開削中心から 20m ~ 50m 間の 30m の間をとっても隆起量の差は約 5mm 程度、勾配としては 0.017% であった。

これより、掘削底面より 1D 程度の離隔を確保した場合、上部の掘削除荷による大深度地下のトンネルへの影響は、実用上問題とはならない程度に小さいといえる。

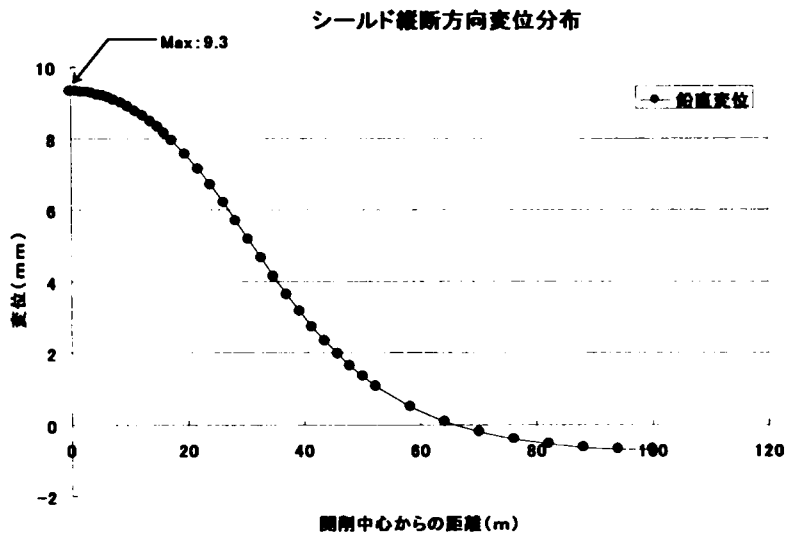


図 3.35 トンネル軸縦断方向変位分布図

さらに、FEM 解析より求めた縦断方向の変位を、弾性床上的の梁に作用させ、トンネル縦断方向の断面力を計算し、応力度の照査を行った。弾性床上的の梁の計算では、トンネルを縦断方向に剛性一様な梁として仮定した。モデル化した梁は、セグメント継ぎ手を考慮し、セグメントの全断面を有効とした場合の剛性(EI)の 0.1 倍に剛性を低下させたモデルとした。

また、地盤の変形係数は、リバウンド解析で用いた値ではなく、トンネル掘削ステップで用いた値としたが、掘削される部分は、地盤が薄くなっており、反力としては、1/2 程度しか期待できないと考え、掘削部分については、変形係数を $1k/2$ とした。掘削部分との境界については、 $2k/3$ の変形係数を与えることとし、その範囲としてトンネル径 (15m) を設定した。解析モデルを図 3.36 に、解析に用いたシールドトンネルの定数を図 3.37 に示す。

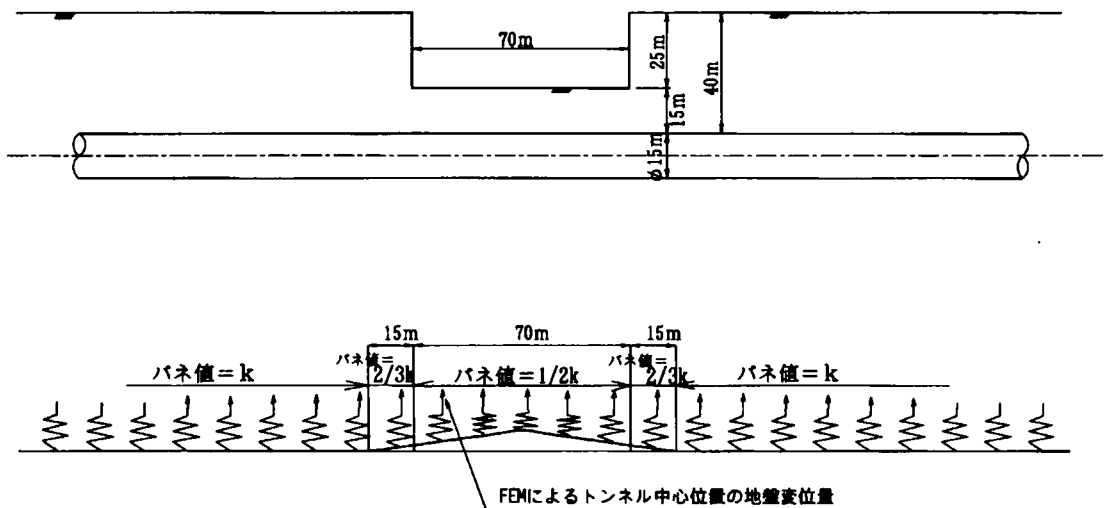
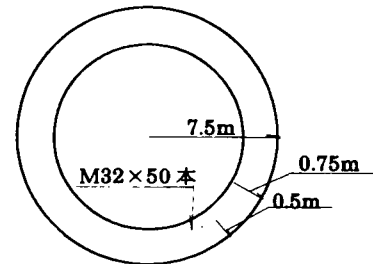


図 3.36 縦断方向の検討モデル

応力度の計算

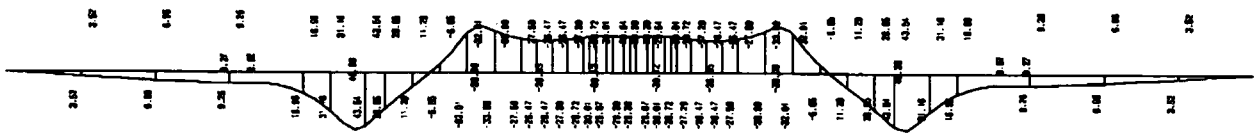
ケース番号 タイトル	No. 1 [円 形]		
断面寸法 (m)	B1 82	H1 H2	7.500 6.750
断面力	M	tf・m	46.380
	N	tf	0.000
	S	tf	0.000
	Pe	tf	-----
	Mpe	tf・m	-----
(外)	Pe	tf	-----
(外)	Mpe	tf・m	-----
鉄筋量	d1 /As1 (m)(cm2)	0.500 397.100 (50.000-D32)	
	合計 cm2	397.100	
鋼材 σ_{pe} (外) σ_{pe}	kgf/mm2	-----	
応力度	σ_c σ_{ca}	0.2 < 170.0	
kgf/cm ²	σ_s σ_{sa}	22.7 < 2100.0	
	σ_s' σ_{sa}'	-1.4 < 2100.0	
	σ σ_a	-----	
	σ' σ_a'	-----	
中立軸	x m	1.3367	
ヤング係数比	n	15.00	



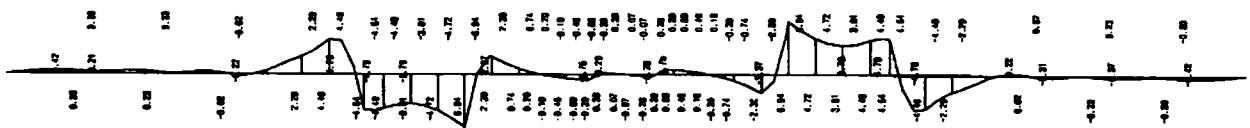
トンネル断面

図 3.37 応力度の計算に用いたシールドトンネルの定数

曲げモーメント (tf・m)



せん断力 (tf)



変位 (mm)



図 3.38 曲げモーメント図、せん断力図、変位図

図 3.38 に示す通り、最大の発生せん断力は 69.4kN であり、ボルトの本数を 50 本とし、M30(10.9)

を使用することとすれば、

$$\begin{aligned}\text{ボルトの有効断面積} & 5.61 \text{ cm}^2 \times 50 = 280.5 \text{ cm}^2 \\ \text{発生せん断応力} & 69.4 \text{ kN} / 280.5 \text{ cm}^2 = 247 \text{ N/cm}^2\end{aligned}$$

であり、ボルトの許容せん断応力 27000N/cm²を大きく下回り、実用上問題がないことがわかる。

3.7.3 建築物の載荷による地盤の変形による大深度地下施設への影響

上部掘削した後の建築物の載荷により地盤はリバウンドとは逆方向に変形することとなる。大深度地下は支持層以深の堅く締まった地盤であることから、一般的には、地盤は大きな変形をせず、問題を生じないと考えられる。

これについては、3.7.2 の(2)の検討で、掘削後、超高層建築物を載荷した場合のシールドトンネルの変形量としてステップ4で計算している。

計算結果は、表 3.28 に示す通りであり、この結果からは、シールドトンネルに及ぼす影響については、直径方向の伸び量は最大でも 9.6mm 程度であり、トンネル径の 0.06%と小さく、トンネルへの影響はほとんどないと考えられる。

3.7.4 相互影響のまとめ

大深度地下地盤の特性からは、(1)既存建築物の地下をトンネル掘進する場合、(2)既存のシールドトンネルの上部に現行最大規模の超高層建築物を建設する場合のいずれとも、地盤の変位等によりシールドトンネルに生じる影響は問題とならない程度であると想定される。

しかしながら、事業によって、変位に対する管理値、許容値が異なっており、それぞれの事業特性に応じて検討する必要がある。

以上の 3.2 節から 3.7 節の検討により、大深度地下施設の位置を決定することができる。これらの手順をフローとして表すと図 3.39 の通りとなる。

まず、地盤調査結果をもとに、地盤条件から支持層を特定し、この支持層の位置から、地下室の建設のための利用が行われない深さ (=40m)か、建築物の基礎ぐいの設置のための利用が行われない深さ (支持層上面 - 10m)のいずれかの条件によって大深度地下空間の上面を特定し、施設がこの上面より以深に存在することを確認する。

次いで、大深度地下施設の規模から、前提とする建築物基礎と必要な離隔距離 (1D)が得られているかどうかを確認する。

さらに、地盤の変形などから生じる大深度地下施設への影響の有無を確認することにより、大深度地下施設の位置が決定できる。

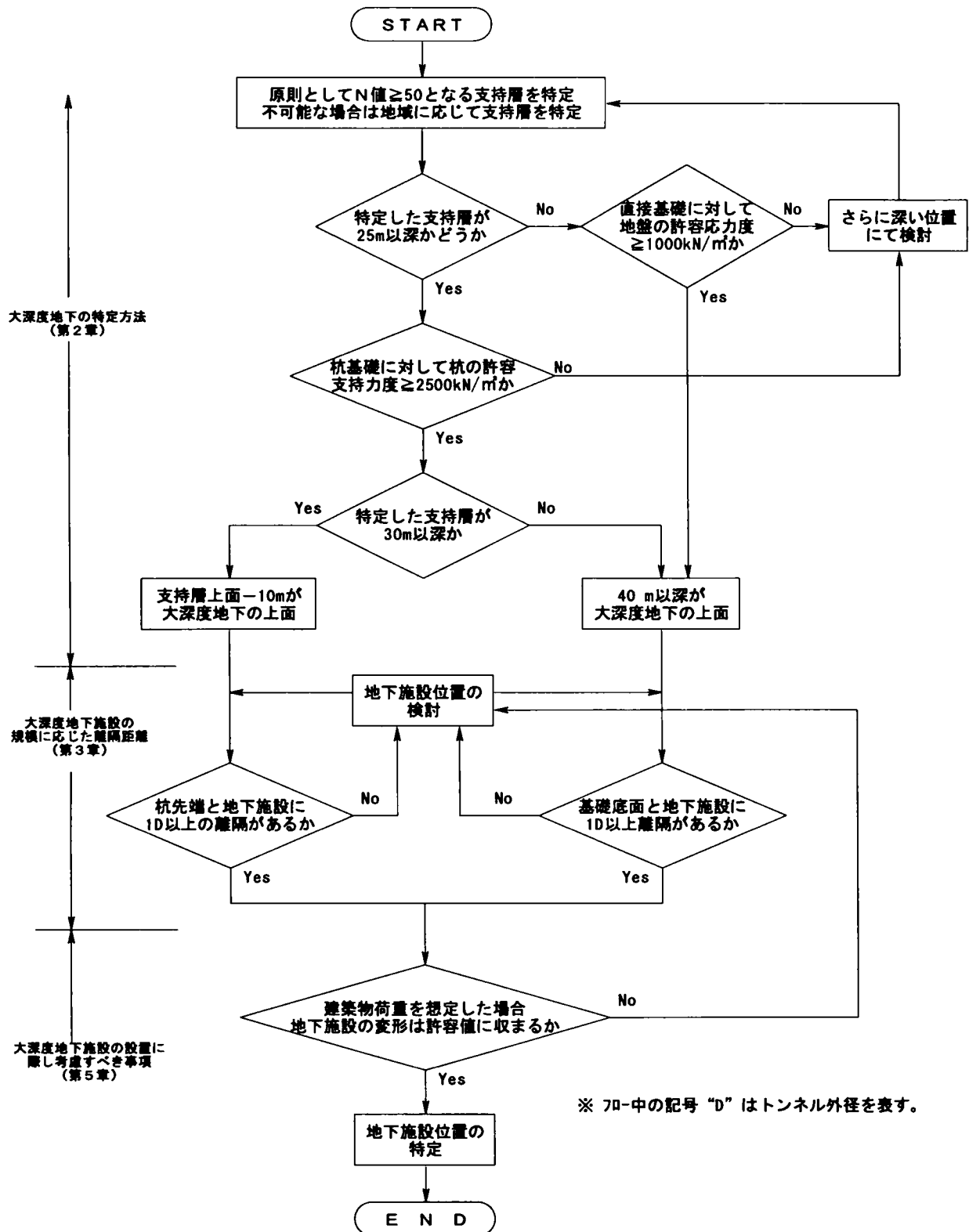


図 3.39 施設の位置の決定方法のフロー図

3.8大深度地下施設における耐力

大深度地下のどのような位置にどのような耐力を持つ施設を設置するかということは、地上を利用する土地所有者から見れば、地上部にどのような建築物が建設可能かを規定するものであり、これらの点についても、各事業に横断して客観的かつ一義的に定まることが重要である。

このため、大深度地下施設の耐力の算定方法を明らかにした。

3.8.1 耐力の考え方

まず、耐力をどのような耐力として定義するのかを明確にする必要がある。

大深度地下法第16条第6項においては、

(使用の認可の要件)

第16条

六 通常の建築物が建築されてもその構造に支障がないものとして政令で定める耐力以上の耐力を有するものであること。

とし、大深度地下使用制度において耐力とは、上部からシールド頂面にかかる荷重に耐えることができる耐力として規定した。これは、土地収用法における裁決の事例²⁷⁾「土地に建物その他の工作物を設置する場合は頂面において1平方メートル当たり、〇〇トンの耐力を有する〇〇〇〇に障害を及ぼさない方法で設置するものとする。」と同様の考え方によっている。

したがって、どの程度の荷重に耐える構造にすべきかについては、施設頂面における設計荷重により規定することとし、算定方法を検討した。

なお、ここにおける検討は、あくまでも設計荷重をどのように算定すべきかということであり、実際にトンネルの上部にどのような荷重が作用し、その極限荷重がいくらであるかというものを定めているわけではない。

一般に、シールドトンネルの設計に当たって考慮すべき荷重としては、表3.29に示すとおりであるが、技術指針においては、一般的な荷重については、従来の考え方によることとし、大深度地下の特性を十分踏まえる必要のある荷重について定めることとした。

表 3.29 荷重の分類

主荷重	1 鉛直及び水平荷重
	2 水圧
	3 自重
	4 上載荷重（建築物による荷重）
	5 地盤反力
従荷重	6 内部荷重
	7 施工時荷重
	8 地震の影響
特殊荷重	9 併設トンネルの影響
	10 近接施工の影響
	11 地盤沈下の影響
	12 その他

大深度地下は支持層以深の堅く締まった地盤であり、浅い地下等と異なった特性を有する。大深度地下に相当する深度のトンネルの掘進に伴い、土圧、水圧を計測した事例として、関西電力の西梅田シールドの事例^{28), 29), 30)}があるが、土圧より水圧が支配的な荷重として、安定して作用することが報告されており、土圧、水圧については、大深度地下地盤の特性を踏まえたものとなるよう考える必要がある。

また、大深度地下使用制度の特徴としては、現行最大規模の建築物の建設を考慮することであり、よって、ここでは、大深度地下使用制度における土圧、水圧、建築物荷重について検討する。

3.8.2 土圧及び水圧

大深度地下は、浅い地下とは異なり、堅く締まった地盤でかつ十分な土被りを有することから、原則として土のアーチング効果を十分期待できることとし、土圧の算定に当たっては全土被りを考えるのではなく、土のアーチング効果を見込むものとした。

一般に、土のアーチング効果を見込んで、土圧を算定する手法としては、図 3.40 に示す Terzaghi の緩み土圧の式があるが、これは、地盤の塑性変形を前提としたものであり、弾性的な挙動を示すと考えられる大深度地下地盤に適用することには、議論があるかもしれないが、一般的な算定手法として定着していること、緩み土圧から算定される土圧以上の土圧の作用が考えにくいことから、緩み土圧相当を設計荷重とした。

また、大深度地下では、土圧に比べ水圧の影響が大きくなることが報告されていることから、砂質土、粘性土ともに土水分離を基本とした。

Terzaghi の式により、緩み土圧を算定する場合、大深度地下の比較的良好な地盤においては、内部摩擦角 (ϕ) と粘着力 (c) が大きな値になると考えられることから、緩み土圧が極端に小さい値として算定される可能性が高い。このような場合、通常の設計においては、設計上の不確定な要素等を勘案して最低土圧を設定している。

既存の各種基準・指針などでは、設計上の最低土圧については以下のように規定している。

①比較的口径が小さく、低土被りの下水道、電気及び通信等のトンネルについては 2D

②比較的口径が大きく、深い位置に設置される鉄道トンネルについては 1D

大深度に設置される施設は、地盤が良好な大深度でかつ比較的大きな口径のものを対象としていることから、設計上の最低土圧として 1D 相当の土荷重を採用することとした。

しかしながら、この点については、トンネル径が小さい場合には土圧が小さく、トンネル径が大きくなると土圧も比例して大きく算定されることとなり、堅く締まった大深度地下地盤の特性を十分に反映できているのかどうかという問題がある。最低土圧の考え方自体をどうするのかということは今後の課題ともいえる。

緩み土圧は荷重が作用している状況でのトンネル掘削を前提としており、上部の建築物の建設に対する影響をどのように取り扱うかという問題があるが、大深度地下使用制度においては、「3.4 節 離隔距離の検討」において、N 値 40 程度が確保されていれば、換算緩み高さはほぼ 1D 以下であり、基礎下面と大深度地下施設が 1D 以上の離隔距離を確保していれば、土のアーチング効果の維持が十分期待でき、また、掘削は、常に除荷として作用していることから、したがって、上部が掘削され、建築物が建設されたとしても、土圧については、当初に設定した設計土圧以上の土圧は作用しないものと見なした。

また、大深度地下使用制度においては、山留め壁などの仮設構造物が大深度地下施設付近まで近接することになるが、山留め壁は大きな荷重を発生させないこと、また、大規模な山留め壁の一般的な工法である地中連続壁工法、列柱式連続壁工法は安定液（ベントナイト泥水等）を使用しており、その安定液の自重により、孔壁の安定を保つ機構となっていることから地盤内の応力の解放は少なく、削孔による地盤の緩みや大深度地下施設に与える影響は小さいと考え、当初に設定した設計土圧以上

の土圧は作用しないものと見なした。

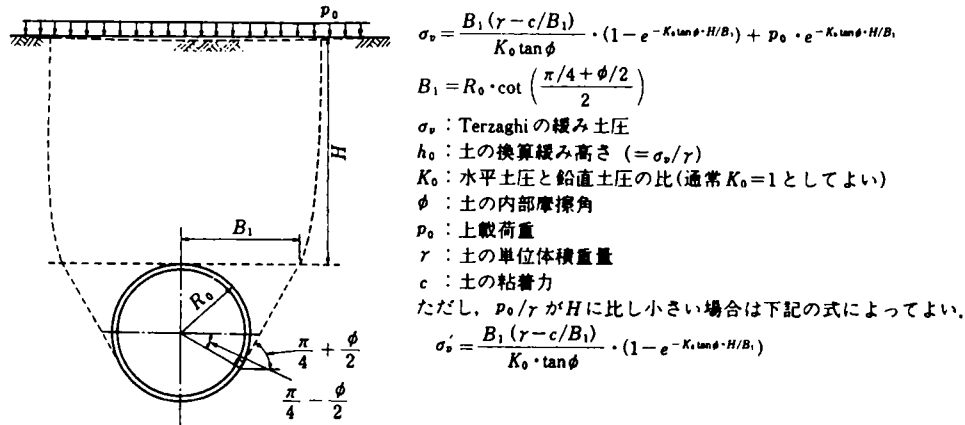


図 3.40 Terzaghi の緩み土圧式

水圧については、土水分離を原則としていることから、よく使用される方法である設計用の地下水位を設定の上、静水圧分布による方法により設計する方法を採用したが、大深度地下では水圧は支配的な荷重となるものであり、その水位の設定は慎重に行う必要がある。特に、地下水の汲み上げ規制以降、地下水位は大きく回復しており、慎重に定める必要がある。

しかし、地下水位を高く設計すれば安全側の設計となるものとは限らず、むしろ地下水位が低下した場合に問題が生じることも想定されるため、地下水位の設定に当たっては、特に慎重を期す必要がある。

3.8.3 建築物による荷重

大深度地下施設は、通常の地下施設で考える土圧、水圧等の他に、制度において前提としている規模の建築物が建設されても、その構造に支障がないように、建築物による荷重を考慮する必要がある。

逆にいえば、大深度地下使用制度の特徴としては、この建築物による荷重を算定して設計を行うことにある。

この点についても、その他の事項と同様に、客観的かつ一義的に荷重が算定されることが必要である。特に、建築物は直接基礎形式、杭基礎形式とあり、それぞれ地盤への応力の伝達機構に違いがあるが、どちらの形式の基礎を選択するかは建築側の自由度であり、基礎の形式によって、建築物に対する制限の内容が異なることがないように考える必要がある。

トンネルの設計において上載荷重を評価する方法としては、

- ①地盤を半無限弾性体と考えた Boussinesq による方法
- ②ある角度で幾何学的に一樣に分布すると仮定する方法（ボストンコード等）
- ③地盤の塑性的挙動を前提とした緩み土圧の上載荷重の項（第3項）による方法
- ④ FEM によってトンネルに作用する荷重を求める方法

等がある。

③の緩み土圧の上載荷重の項は、建築物が先に建設され荷重が作用している状況で、トンネルを掘削した場合の算定を行うものであり、将来、上部が掘削され建築物が建設されることに対しては、想定してものとなっていないことから、建築物による荷重の算定方法として採用しなかった。

また、④の FEM による方法は、地盤の不均一やトンネルの規模・形状等を考慮でき、また、現実に近い変形、荷重が算定可能であるが、地盤定数や計算領域の大きさ、メッシュの切り方によって計算結果が異なり、客観的かつ一義的な荷重の算定方法とはならないことから算定方法として採用しな

かった。

しかしながら、精度よく事象を再現することが可能であることから、FEM の計算をベースに、これと他の方法とを比較することで、他の方法による算定方法が安全側であるのかどうかの判断、必要な数値の決定を行った。

事例からは、杭先端からの荷重分散を算定する場合など局地的な荷重分散を扱う場合には①の Boussinesq による方法を採用するケースが多いが、直接基礎形式の場合は、Boussinesq による方法だと圧力球根が大きくなるものとなり、現実的な算定方法といえないことから、他の方法がとらえるケースが多い。

また、①の Boussinesq の方法は地盤を等方均質な半無限弾性体と仮定した弾性理論により地中応力を算定するものであり、地中応力の値は地盤の物性に関係なく算定され、地盤が軟らかくとも堅く締まっていようと算定される地中応力の値は同じであるため、大深度地下の堅く締まった地盤であるという特性を反映できない。したがって、算定方法として採用しなかった。

これに対して、②の幾何学的な分布を考える方法は、従来から、一般的に用いられている方法であるとともに、その分散角を適切に設定することにより、地盤の硬軟を反映させ、構造物に作用する荷重値を変えることができることから、②の幾何学的な分布を考える方法を前提に検討を行うこととした。

大深度地下は、堅くよく締まった地盤であり弾性的な状態に保たれていると考えられること、トンネルの覆工は良好な地盤の剛性に比べてそれ程大きくなく、実際は地盤が荷重を多く分担するものと考えられることから、検討においては、まず、「(1)地盤の硬軟とシールドトンネルに作用する土圧との関係」において、比較的精度よく再現が可能な FEM により、地盤の剛性が高くなるにしたがって、地盤が上載荷重の大部分を支持するようになることを確認し、分散角を変えることにより、地盤の特性が表現できる②の幾何学的な分布を考える方法が適切であることを確認した。

次いで、分散角をどのように設定するのが問題となるが、分散角を地盤定数から一義的に算定する方法は確立されておらず、現実的には、経験的に設定されているため、「(2)分散角の検討」において、大深度地下地盤の特性を考慮した FEM 解析と②の幾何学的な分布を考える方法を比較することにより、分散角を 45° と決定した。

この結果について、大深度地下使用制度において、基礎の種類に応じて、どのように適用するのかを「(3)直接基礎、杭基礎における建築物による荷重の算定方法と浮力の取り扱い」で定めた。

ただし、これらの検討は、通常時の長期荷重をベースとしたものであり、地震時や強風時の短期的に発生する荷重に対しても安全であるかどうかを検証する必要がある。これに関し、「(4)建築物の短期荷重との関係」において、短期荷重を算定するモデルを作成し、建築物の短期荷重により発生するトンネル軸力が、トンネルの耐震耐力を下回るかどうかの検証を行った。

さらに、 45° で幾何学的に分散する方法による結果が、①地盤を半無限弾性体と考えた Boussinesq による方法、③地盤の塑性的挙動を前提とした緩み土圧の上載荷重の項（第3項）による方法から得られる結果とどのように異なるのかどうかについて「(4) Boussinesq による方法との比較」、「(5) Terzaghi の緩み土圧式の第3項による方法との比較」において検証した。

建築物による荷重を考える際の地盤の分散角については、地盤条件から客観的かつ一義的に定める方法がないことから、大深度地下地盤の特性を踏まえた、このような様々な検討方法による結果と比較を行い、 45° と決定した。

(1) 地盤の硬軟とシールドトンネルに作用する土圧との関係

地盤が堅く締まり、地盤の剛性が高くなればなるほど、地盤が荷重の多くを支える傾向にあると考えられることから、②の幾何学的に一樣に分布すると考える方法を採用することとしたが、実際にこのようなことがいえるのかどうか、比較的精度よく事象を再現することが可能な FEM 解析により、地盤の剛性を変化させて確認することとした。

ここでは、シールドトンネルの剛性を一定にし、上載荷重をかけた状態で、地盤の剛性を変化させることにより、トンネルに発生する応力がどのように変化するか、また、地盤の各メッシュ要素に発生する応力を可視化し、トンネル周辺の地盤が荷重の多くを支える傾向にあることを確認した。

検討は、表 3.30 に示すように、

$$E=280N(N \text{ は } N \text{ 値})$$

により、N 値 10 程度の軟弱地盤、N 値 50 程度の地盤について弾性係数を算定した地盤と、3.7.2 のリバウンドの逆解析で求めた弾性係数の地盤の 3 ケースの地盤について、上載荷重が作用する場合のトンネル周辺地山に発生する応力とトンネル梁要素に発生する断面力を比較した。なお、地盤の変形係数とポアソン比は密接に関係するものと考えられるが、ここでは 0.3 と一定値とした。

また、図 3.41 に示すとおり、計算モデルは、裏込め注入範囲について考慮するモデルとした。裏込め注入範囲は、同程度の 15m クラスのシールドマシンのテールボイドを参考に 12cm とした。

表 3.31 にシールドトンネルの物性値、表 3.32 に裏込め注入範囲の物性値を示す。

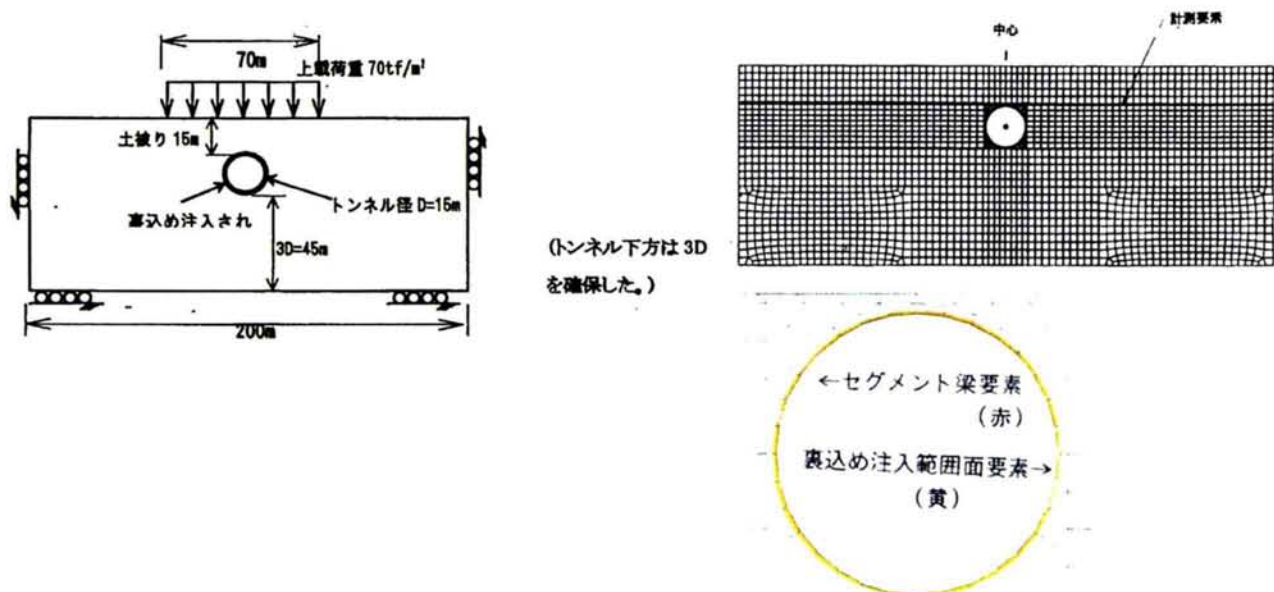


図 3.41 計算モデルとメッシュ図

表 3.30 計算に使用した地盤の物性値

	case1	case2	case3
弾性係数 (tf/m²)	1.0×10^5	1.4×10^4	2.8×10^3
解説	大規模開削時の浮き上がり解析に用いた弾性係数	支持層地盤 (N 値 50) の弾性係数	N 値 10 程度の地盤※
ポアソン比	0.3		

※ $E=280N$ (kN/m^2) を目安に換算

表 3.31 計算に使用したシールドトンネルの物性値 (梁要素でモデル化)

弾性係数 (kN/mm^2)	$E=3.5$	
断面積 (m^2)	0.75	
断面二次モーメント (m^4)	0.0246	継ぎ手による剛性の低下率 0.7

表 3.32 計算に使用した裏込めされた範囲の物性値（平面ひずみ要素でモデル化）

弾性係数 (kN/m ²)	$E=5.0 \times 10^3$	一般的な裏込材を 想定
ポアソン比	0.167	

※裏込め注入された範囲は、同径クラスのシールドでのテールボイド厚さの実績 12cm とした。

※鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル 鉄道総研編 に示された裏込め効果後（1 日後）の値を採用

計算の結果を図 3.42 に示す。縦軸にそれぞれのケースにおけるスプリングライン部の要素の発生軸力、横軸に地盤の剛性が高い順に並べた。これより、地盤の剛性が高くなればなるほど、発生軸力が小さくなることわかる。

よって、地盤の剛性が大きくなればなるほど、地盤が荷重を分担し、トンネルが分担する荷重が小さくなると考えられる。

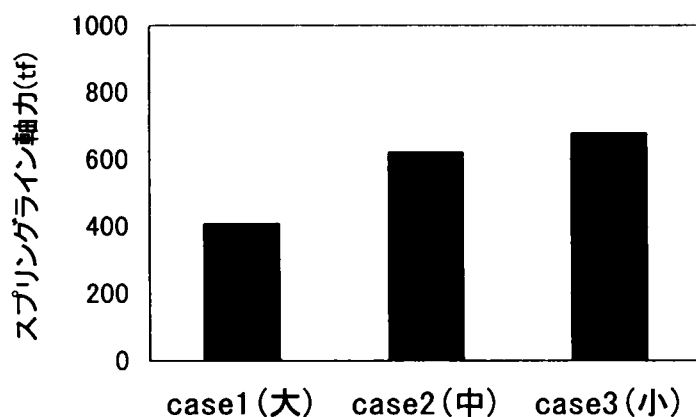


図 3.42 スプリングライン部の要素の発生軸力

さらに、地盤の各メッシュ要素に発生する応力の状態をコンター図として、図 3.43 に図示する。赤い暖色系の色が高い応力の発生を示し、青い寒色系になるに従って、応力が小さくなることを示す。

地盤の剛性が低い軟弱な地盤では、赤い暖色系を示す範囲は、トンネル付近に集中しており、上載荷重をトンネル及びその外周部で支持していることがわかるが、地盤の剛性が高くなるに従って、赤い暖色系を示す範囲が広がり、トンネル周辺の地盤全体で、上載荷重を支持するようになることがわかる。

このように、地盤の剛性が高い大深度地下では、地盤そのものが、上載荷重を支えるようになっており、上載荷重の多くが地盤に支えられることから、トンネル自体に作用する応力が軽減するといえる。

したがって、地盤の硬軟によりトンネルに作用する荷重が変わることから、これを分散角として表現できる②の幾何学的な分布を考える方法により、建築物による荷重を算定することとした。

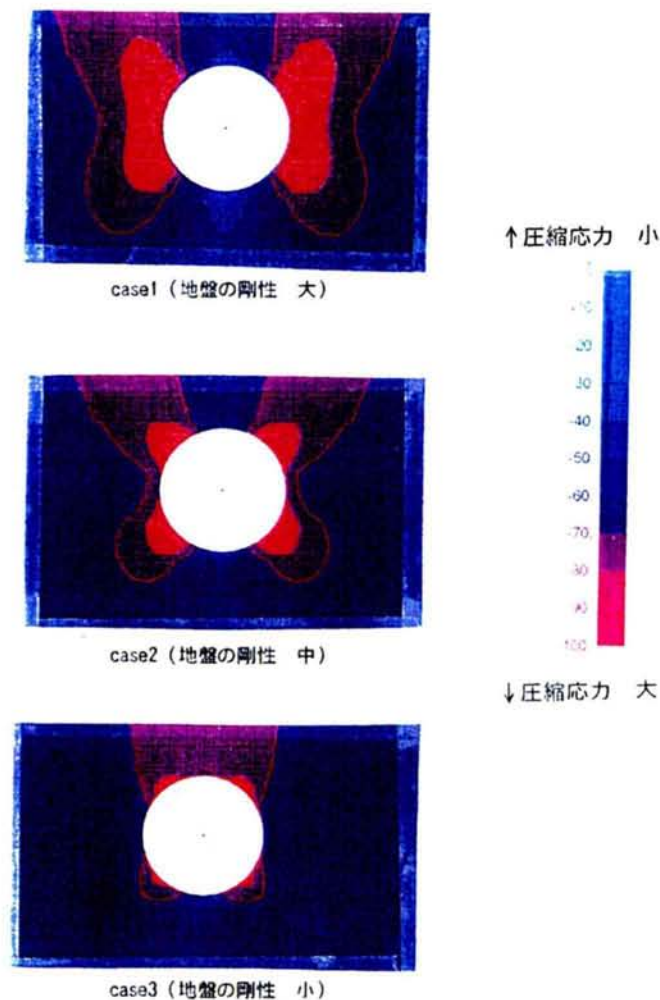


図 3.43 地盤に発生する最小主応力のコンター

(2) 分散角の検討

幾何学的に分散を考える手法は、これまでに非常に多く使用されてきた実績のある方法であるが、その分散角について、地盤の物性値から算定する方法は確立されておらず、経験的に定めて使用しているのが実態である。

一般的に用いられるボストンコードの場合は、分散角 30° であり、また、建築の分野では 1:2 勾配を採用する例もある。道路橋標準示方書では、 $30 \sim 50^\circ$ を採用できることとしており、分散角の考え方も様々であるといえる。

大深度地下は支持層以深の堅く締まった地盤であることから、浅い地盤を対象に建築物の検討に通常用いられる値である 30° よりも大きな値が採用できると考えられる。しかしながら、 30° より大きな値で、どの程度の値が採用できるか、明確に示したものはなく、また、角度を算定する手法もないことから、土木、建築の分野の有識者に、支持層以深である大深度地下においては、どの程度の分散角が見込めるかヒヤリングをし、概ね 45° 程度であろうという回答をそれぞれ得たので、まず、 45° を前提に検討を開始した。

検討においては、表 3.33 に示すとおり、トンネル径を 15m に固定し、上載荷重の作用面からの離隔を 15m とした場合（ケース 1）、離隔を 30m とした場合（ケース 2）と離隔を 15m とし、トンネル径を 5m に変化させた場合（ケース 3）の 3 ケースについて、FEM 解析より、トンネルに発生する軸力を算定し、この値と、幾何学的に 45° の分散角で分散するとした場合のトンネルに発生する

軸力を慣用計算法により算定し、両者を比較することにより、45°分散が、FEM解析により求められる値より安全側にあるのかどうかの検証を行った。

FEM解析は、「3.7.2 大規模掘削による地盤の変形による大深度地下施設への影響」の検討で用いたモデルを利用した。

同モデルは、図 3.44 に示すように大深度地下使用制度において前提とする建築物について、図 3.32 に示すように、トンネル掘削→地下室建設のための土の掘削（除荷）→建築物の建設（載荷）の過程を次の4つのSTEPにより計算するモデルである。

STEP 0：自重解析

STEP 1：応力解放率 10%でトンネル掘削

STEP 2：セグメントの設置後、応力の残り 90%を解放

STEP 3：開削部を掘削

STEP 4：開削底面に建築物荷重 700kN/m^2 を載荷

この場合の、図 3.45 に示すトンネルスプリングライン（A 点）に発生する軸力について、トンネル上部の土の掘削前から、土を掘削し掘削底面に建築物荷重を載荷した時（STEP2 → STEP4）の増分として FEM 解析により求めた。

表 3.34 に解析に使用した、地盤の物性値、表 3.35 にセグメントの物性値を示す。

表 3.33 解析ケース

	トンネル径	離隔距離（土被り）
ケース 1	15m	15m (40m)
ケース 2	15m	30m (55m)
ケース 3	5m	15m (40m)

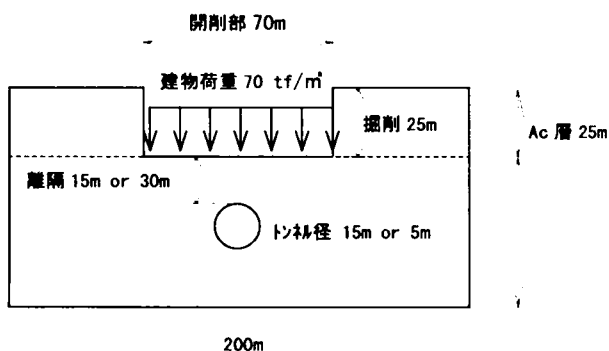


図 3.44 解析モデル

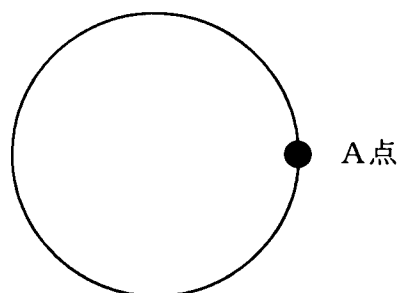


図 3.45 軸力計算箇所

表 3.34 地盤の物性値

	変形係数 (kN/m^2)	ポアソン比	単位体積重量 (kN/m^3)
沖積層 Ac	10000	0.45	16
洪積層 Dc	50000	0.30	20

表 3.35 セグメントの物性値(15m)

セグメント径	弾性係数(kN/m^2)	断面積 (m^2)	断面二次モーメント(m^4)
15m	3.5×10^7	0.75	0.0246(低下率0.7)
5m	3.5×10^7	0.25	0.000911(低下率0.7)

トンネル上部を掘削し、建築物荷重が作用した場合のトンネルに対する影響を STEP2 から STEP4 におけるトンネルスプリングラインの軸力の増分として、表 3.36 に示す。

表 3.36 FEM 解析でのスプリングライン軸力変化

	トンネル径	離隔距離	STEP2 (kN)	STEP4 (kN)	増分 (kN)
ケース 1	15m	15m	5123	7899	2776
ケース 2	15m	30m	6806	9299	2491
ケース 3	5m	15m	1571	2481	910

これに対し、幾何学的な 45° 分散を考え、この荷重に対して、慣用計算法によりトンネルスプリングラインの軸力を算定した。

幾何学的な分布は、図 3.46 に示す通り、トンネル径にかかわらず一定であり、ケース 1 及びケース 3 に相当する上載荷重の作用面から 15m の位置では、 490kN/m^2 、ケース 2 に相当する 30m の位置では、 377kN/m^2 の値となる。

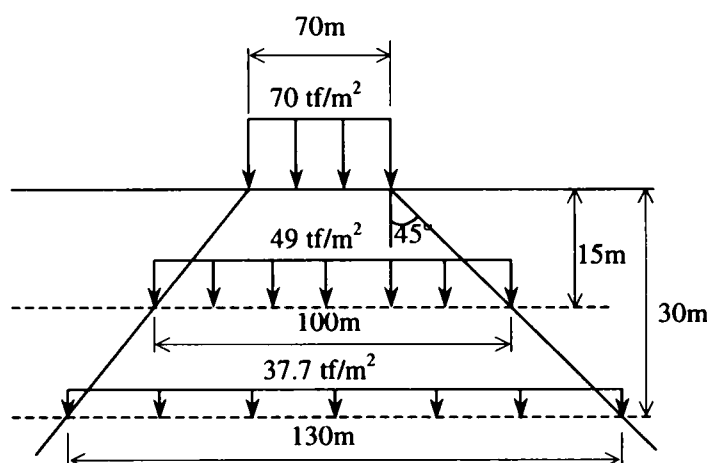


図-11 荷重分散法による荷重の算定

図 3.46 45° 分散のモデル

この荷重によりシールドに発生する軸力を慣用計算法により計算し、FEM 解析で得られた軸力と比較すると表 3.37 の通りである。

表 3.37 FEM による軸力と 45° 分散による軸力との比較

	FEM による増分(A)	45° 分散による増分(B)	B/A
ケース 1	2776kN	3675kN	1.32
ケース 2	2491kN	2828kN	1.14
ケース 3	910kN	1225kN	1.35

表 3.37 で示す通り、トンネル径の大きさによらず、 45° 分散で算定した結果は、FEM 解析の結果よりも、上載荷重の作用面から 15m の離隔の場合には約 3 割程度大きく、また、離隔が 30m の場合でも約 1 割程度大きいことがわかる。以上より、 45° の分散角で幾何学的に一様に分布する方法は、FEM 解析で求める方法より安全側であるといえ、大深度地下地盤の特性を考えた場合、 45° 分散を

採用して問題ないといえる。

しかしながら、この計算は表 3.33 に示す 3 ケースについて行っており、解析を行っていないトンネル径、深度の場合について検証する必要がある。

まず、トンネル径との関係においては、径が 15m の場合と径が 5m の場合は、図 3.47 に示す通り、いずれの場合も、 45° 分散による値は FEM より求めた値の 3 割以上安全側であり、かつ、トンネル径によって大きな数値の差異が生じていない。よって、15m から 5m の間の他のトンネル径でも問題なく、 45° 分散を採用しても問題ないと考えられる。

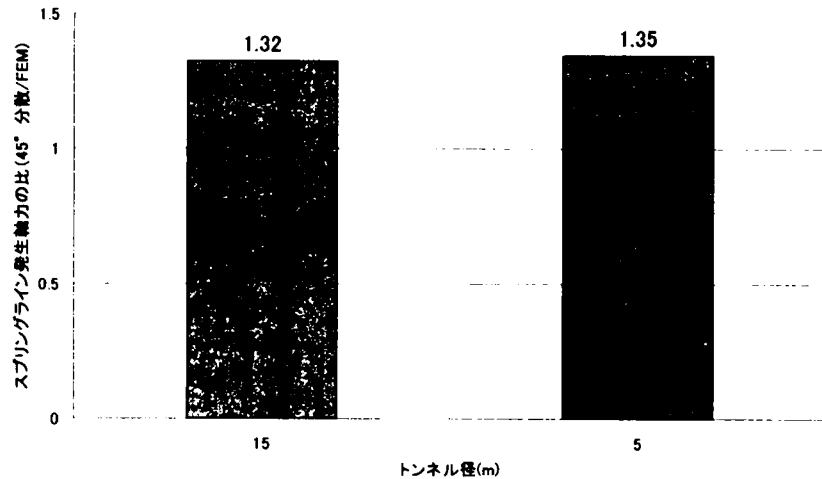


図 3.47 トンネル径 15m と 5m の場合の軸力の比の比較

また、大深度地下施設の深さとの関係においては、トンネル径が同じ 15m の場合、上載荷重作用面との離隔距離が 15m の場合と 30m の場合とで、 45° 分散と FEM 解析の結果について 3 割程度あった差が約半分（15%程度）になっており、深くなれば、 45° 分散と FEM 解析の差が少なくなり、結果が近くなることがわかる。しかしながら、実質的に大深度地下利用が行われると考えられる GL-100m 程度までは、図 3.48 に示す通り、FEM の方が下回ると考えられ、 45° 分散の方が安全側であることから、 45° 分散を採用しても問題ないといえる。

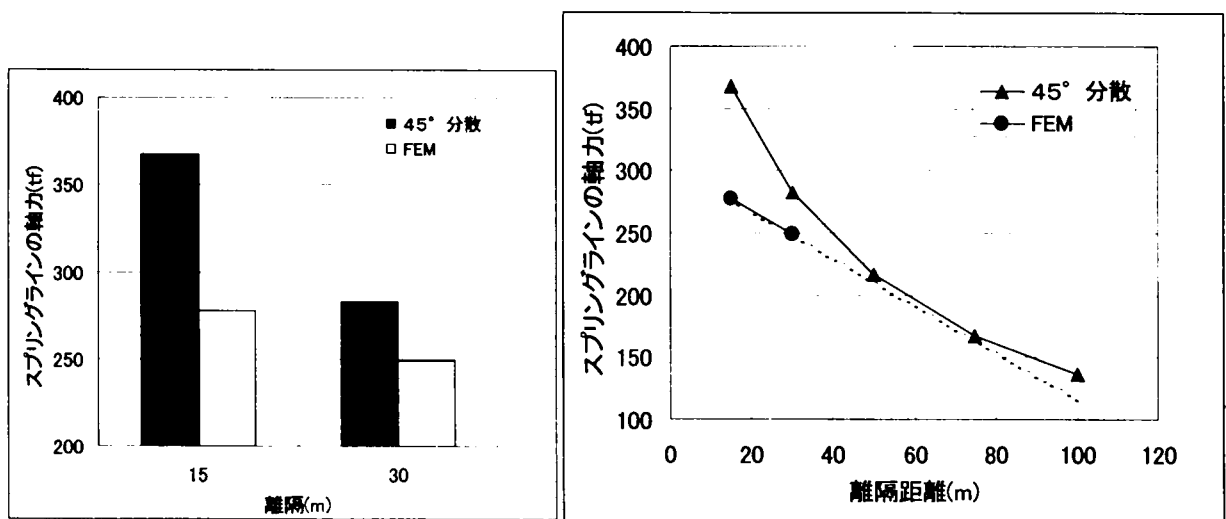


図 3.48 大深度地下施設の位置と 45° 分散と FEM 解析結果との比較

以上を踏まえ、建築物による荷重の算定方法としては、上載荷重の作用面から、幾何学的に分散する方法を採用することとし、この場合の分散角を 45° と定めた。

(3) 直接基礎、杭基礎における建築物による荷重の算定方法と浮力の取り扱い

分散角を 45° とし幾何学的に分散する方法を採用したが、それぞれの基礎形式の場合に、どのように考えるのか定めておく必要がある。なお、どのような外力を定めるかについては、「3.4 大深度地下使用制度で前提とする建築物規模」で前提とする建築物規模を踏まえるものとする。

直接基礎の場合は、前提とする建築物の通り、地下 25m の位置から、土の単位体積重量などにより算定される建築物荷重が分散することとする。

杭基礎の場合については、杭から発生する荷重は、杭の先端支持による支持力と杭周面摩擦による支持力の合計となる。厳密には、各々を重ね合わせることでより大深度地下施設へ作用する荷重が算定できるが、杭の先端支持力と周面摩擦力の割合については、特に、周面摩擦力が地盤の強度や施工時の周辺地盤と杭周面との仕上がり具合等により大きく変化することから、一義的に定めるのは不可能である。また、杭の支持機構としては、その支持力の大半を周面摩擦力によっているとの指摘もある。

建築基礎構造設計指針¹⁵⁾において、摩擦群杭の場合には、杭先端より $1/3L$ 戻った面に仮想作用面を設け、荷重が一様分布する計算方法や、中間砂層に摩擦群杭が支持される場合には、杭先端に仮想作用面を設け、荷重が一様に分散する方法が提案されている。

大深度地下使用制度で想定する杭基礎の場合、十分な杭長が想定でき、かつ、周面摩擦力が十分期待できることから、仮想作用面を杭頭面ではなく、客観的かつ一義的に定めることが可能な支持層の上面とし、支持層上面から建築物荷重が一様に分散することとした。

図 3.49 に直接基礎、杭基礎の場合の考え方を図示する。

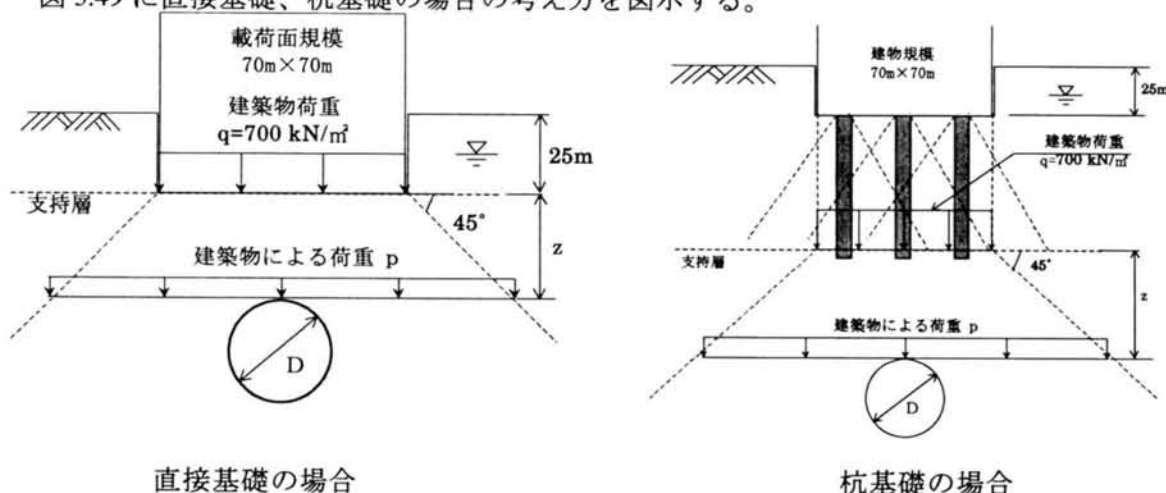


図 3.49 建築物荷重の分散の考え方

また、建築基礎構造設計指針¹⁵⁾においては、地下水面から下の部分の建物容積に等しい水の重量だけの浮力が期待でき、この浮力分を建築物の荷重から差し引いたものが基礎スラブから地盤に伝わる荷重とすればよいとされている。

したがって、大深度地下使用制度においても、浮力の作用が見込める場合には、浮力分を建築物荷重から差し引いて荷重分散を考えるものとする。

この場合においては、近年の地下水位の変動などを慎重に判断する必要がある。

以上を踏まえ、それぞれの基礎形式の場合の建築物による荷重を試算すると図 3.50 となる。

浮力が全く作用しない場合は、大深度地下上面で 500kN/m^2 程度の値となるが、浮力を考慮すると $300 \sim 400\text{kN/m}^2$ 程度の値となる。

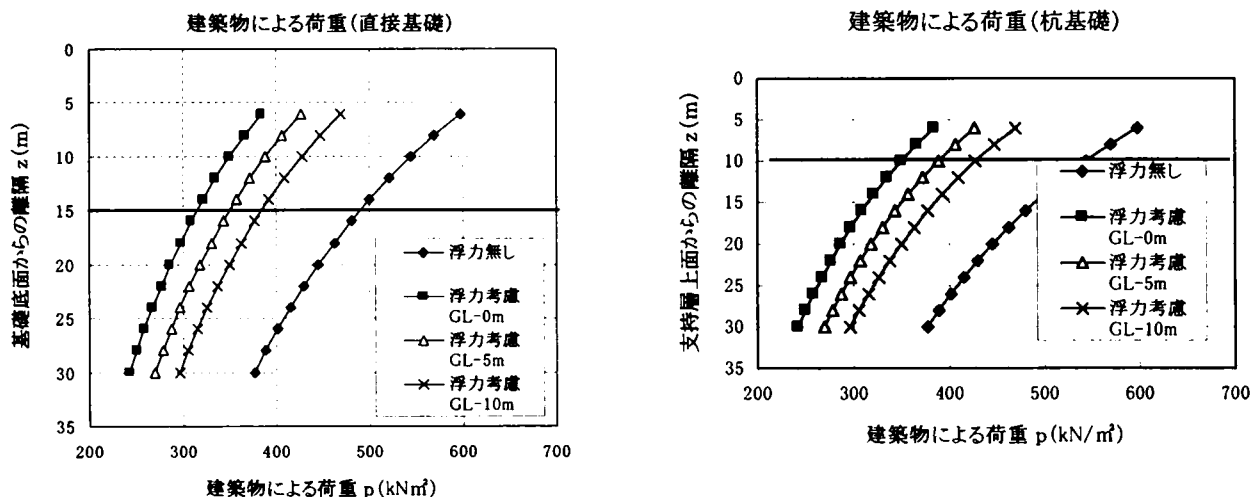


図 3.50 建築物による荷重の試算結果

(4) 建築物の短期荷重との関係

建築物の荷重として設計に用いられる荷重には、平常時の長期荷重と、地震時、強風時の短期荷重の2種類がある。

ここまでの検討は、全て長期荷重をもとに検討しているが、短期荷重についても、問題が生じないことを確認する必要がある。

建築基準法施行令第93条及び建設省告示第111号¹⁴⁾において、短期荷重は長期荷重の2倍以内にとされており、具体的には、直接基礎形式の場合は長期許容応力度が 1000kN/m^2 以下であったことから、短期荷重については 2000kN/m^2 以下を考えると、杭基礎形式の場合は、杭の長期許容支持力度が 2500kN/m^2 以下であったことから、短期許容支持力度については 5000kN/m^2 以下を考えるとした。

実際の建築物においても、図 3.51、図 3.52 に示す通り、直接基礎形式、杭基礎形式とも、長期許容応力度と短期許容応力度の関係は、概ね 1:2 の範囲内に収まっている。

なお、ここで 1:2 のラインを超えているものは、地盤の許容応力度に対して、長期の場合は最大接地大圧をかなり余裕を持って設定しているが、短期については、ほぼこれを使い切るように設計を行っているような建築物である。このような建築物は建築面積に対して軒高が高い鉛筆ビルによく見られる。

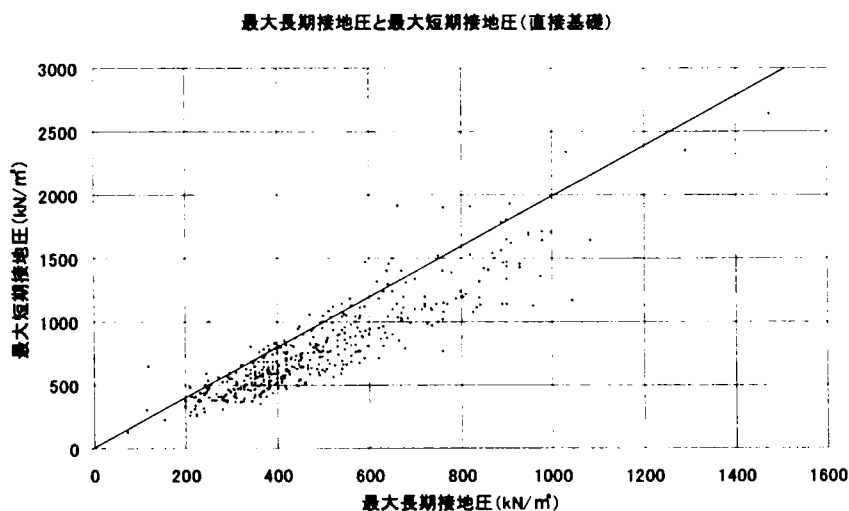


図 3.51 長期接地圧と短期接地圧との関係 (直接基礎)

最大長期杭頭荷重と最大短期杭頭荷重(杭基礎)

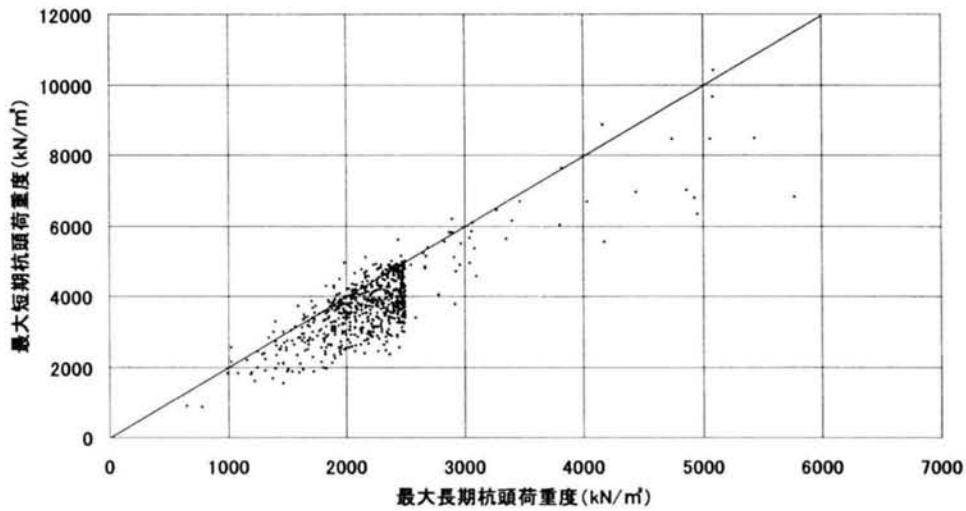


図 3.52 長期杭頭荷重と短期杭頭荷重との関係 (杭基礎)

土の単位体積重量を 16kN/m^3 とした場合、建築物による短期の荷重としては、前提とする建築物による長期荷重の 700kN/m^2 の 2 倍である 1400kN/m^2 を考えることとなる。

この場合、建築物が地震や強風により揺れることにより短期荷重が発生することを考えると、建築物の基礎底面全面に最大値の 1400kN/m^2 がかかるのではなく、建築物基礎のある 1 点を支点に三角形分布で荷重がかかり、その最大値として 1400kN/m^2 を考えることが妥当であるといえる。

一方、算定方法として定めた 45° 分散角による幾何学的分散は、一様な荷重の載荷を考えるものであり、載荷分布として三角形分布は取り扱いえないため、実際の現象より過大な荷重を考えることとなるが、計算モデルとしては、図 5.53 に示す通り、建築物基礎の半分に最大値である 1400kN/m^2 が一様に作用するものとして、その場合の軸力がセグメントの地震軸力に収まるかどうか修正慣用法により検証した。

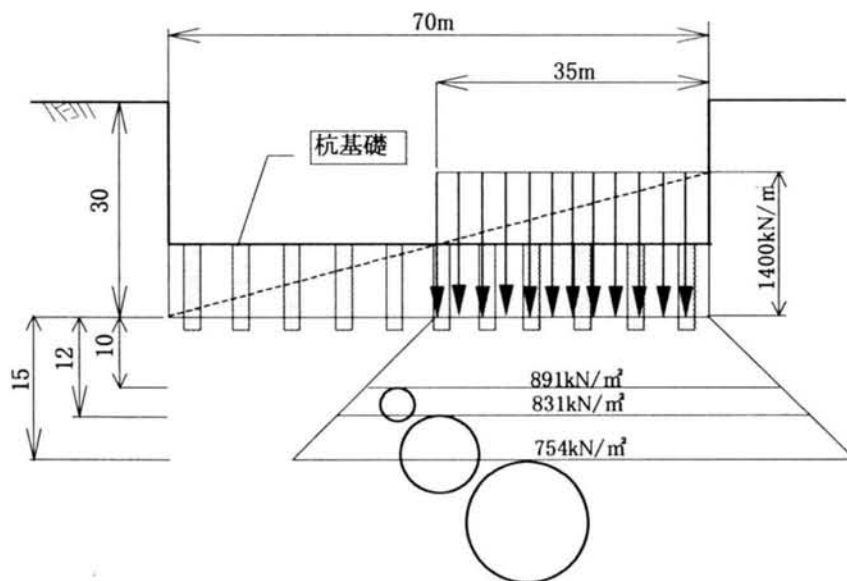


図 3.53 短期荷重の計算モデル

セグメントについては、通常、地震時は通常の荷重の 1.5 倍の荷重に耐えられることとなっている。よって、図 3.53 のモデルにおける建築物の短期荷重を作用させた場合に発生する応力と、セグメントの地震時の耐力との比較することにより、短期荷重に対する安全性を検証した。

なお、トンネル径については、5m、10m、15m の 3 ケースとし、必要な離隔距離については、直接基礎の場合の 10m の離隔もしくは、杭の根入れ量 2m を勘案した杭基礎から 1D 以上の離隔の大きな方をとることとした。したがって、トンネル径 5m の場合は上載荷重の作用面の上面から 10m の離隔、トンネル径 10m、15m の場合は、トンネル径に杭の根入れ距離 2m を加え、支持層上面（仮想の荷重の載荷面）から 12m、17m の離隔をとることとした。

結果は、表 3.38 に示す通りであり、建築物の短期荷重の影響により発生する応力は、いずれの場合も、セグメントの地震時の強度以下となる。よって、(2) で定めた方法で建築物による荷重を算定するしたとしても、地震時等において、シールドトンネルに問題が生じないことが検証できた。

表 3.38 セグメントに発生する応力度とセグメントの耐力の比較

	口径 (m)	載荷面から の離隔(m)	建物荷重 (常時) (kN/m ²)	載荷重二 次元分散 (kN/m ²)	発生する 応力 σ_c (kN/m ²)	セグメントの 耐力 σ_{ca} (kN/m ²)
常 時	5	10	700	545	15,830	19,000
	10	12		522	17,710	
	15	17		490	17,410	
地 震 時	5	10	1,400	891	25,050	28,500
	10	12		831	26,530	
	15	17		754	24,470	

(5) Boussinesqによる方法との比較

大深度地下使用制度においては、45° の分散角で幾何学的に分布するモデルを採用したが、このモデルと通常、杭基礎の検討に用いられる Boussinesq による方法により得られる結果とどの程度の差異が生じるのか、検証を行った。

Boussinesq により試算を行う場合、建築物に用いられる杭の最大径が 4m であること、各種行政指導による杭の長期許容支持力度が 2500kN/m² 以下であることから、基準などで示される杭間隔の最小の条件により、杭の配置が細密となるよう杭を 4m 間隔で施工した場合について、計算を行った（図 3.54 参照）。このような杭の配置により支持することができる建築物の規模はおおよそ 700kN/m² である。

なお、杭の支持層への根入れは杭径の 1/2 の 2m としている。

Boussinesq の方法により算定される杭 1 本から分散する荷重は、図 3.55 で示す通り、大深度地下の上面で 300kN/m² 弱であるが、3 次元的な杭の配置を考え、各々の杭の荷重を重ね合わせると、約 600kN/m² 弱となり、「(2) 分散角の検討」で検討した幾何学的な分散による荷重値 377kN/m² よりかなり大きな値となる。

これは、Boussinesq の方法は、地盤の硬軟にかかわらず、ある一定値となるものであり、地下地盤の特性の反映ができないことによるものと思われる。

また、Boussinesq の方法においては、細密に杭を設置した場合の建築物荷重は約 700kN/m² であるのに対し、地中分散後の値は 600kN/m² であり、ほとんど荷重が分散しないこととなる。これは、(2) で検証した、地盤の剛性が高くなれば地盤が上載荷重を支えるようになることが全く反映できないことを意味する。

したがって、Boussinesq の方法よりも、45° で幾何学的に分散する方法の方が現実的な方法といえ、後者の方法を採用したことが適切であったことがわかる。

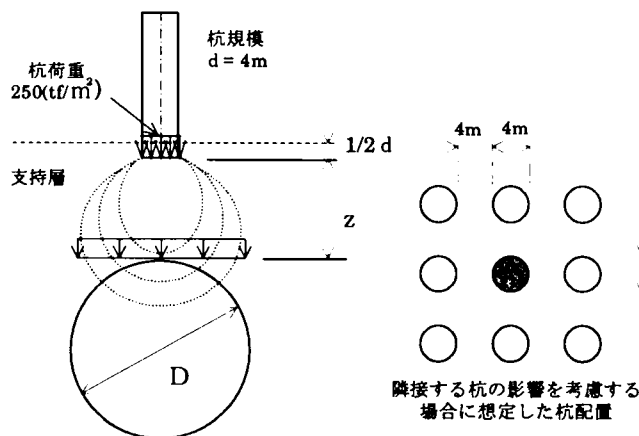


図 3.54 Boussinesq の方法による場合の計算条件

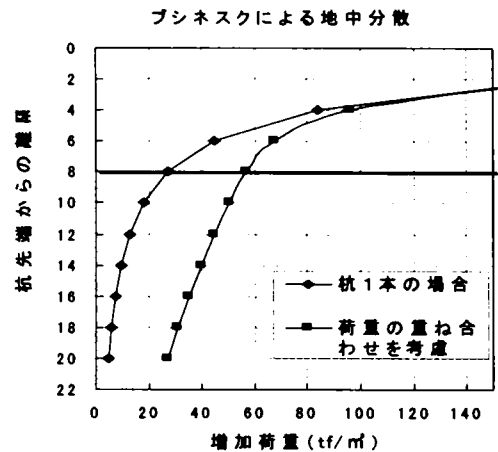


図 3.55 計算結果

(6) Terzaghi の緩み土圧式の第3項とによる方法との比較

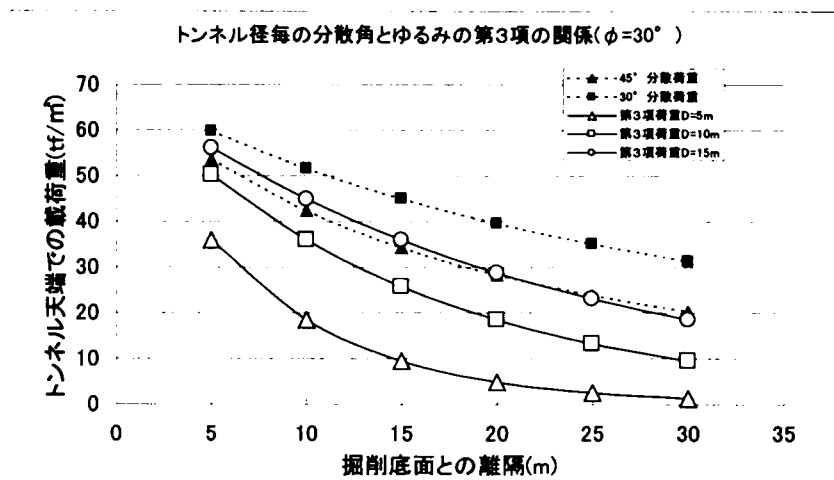
緩み土圧は、荷重が載荷された状態でのトンネル掘進の場合に適用が可能であり、トンネル掘進後の将来の建築物の建設を想定したものではないことから、そもそも理論的には、適用できないことから算定方法には採用しなかった。

しかしながら、念のため、緩み土圧式の第3項による方法と 45° 分散による方法と結果に大きな差異が生じるものなのかどうかを比較し、検証した。試算はトンネル径 5m、10m、15m の3ケースについて、地盤の内部摩擦角 ϕ 30° 、 40° を仮定して行った。

内部摩擦角を 30° と仮定したのは、大深度地下は地盤が良好であり、 30° 以上を期待できること、内部摩擦角 40° を仮定したのは、大崎の式では $\phi=40^\circ$ 程度で N 値 50 程度が換算できるからである。

緩み土圧の3項の荷重の計算方法は、荷重が作用する面において、半無限に一樣荷重が作用するものとして計算することから、ここでは、地下 25m の地点において一様に 700kN/m^2 がかかることとして計算を行った。一方、大深度地下使用制度においては、前提とする建築物の載荷面規模を $70\text{m} \times 70\text{m}$ としており、計算の荷重の前提条件としては、緩み土圧の式の方が大きなものを仮定したことになる。

図 3.56 に計算結果を示すが、緩み土圧の方が大きな荷重を前提条件としているにもかかわらず、 45° 分散は概ね、緩み土圧の第3項による結果を上回っており、 45° で幾何学的に一樣に分散を考える方法は、大深度地下地盤の特性を踏まえれば、緩み土圧から見ても安全側であり妥当であることがわかる。



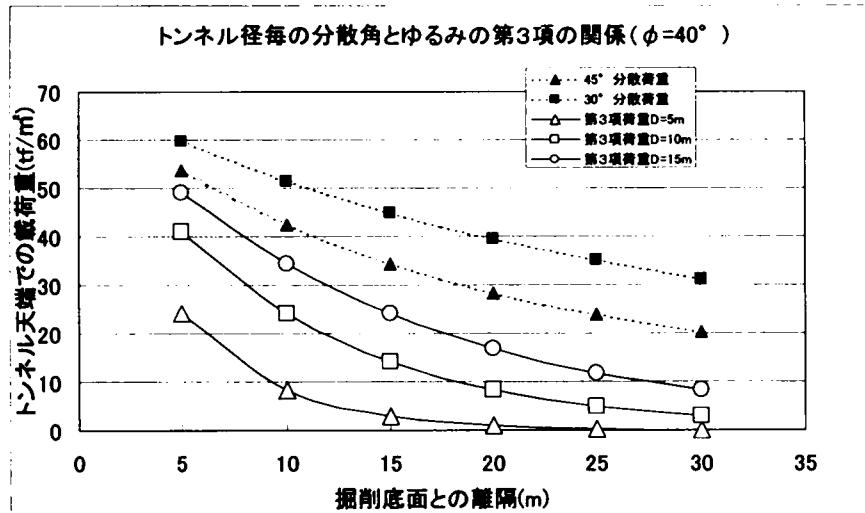


図 3.56 緩み土圧の試算結果

3.8.4 耐力のまとめ

以上より、大深度地下施設の耐力の設定方法をまとめると図 3.57 のフロー図になる。

結論としては、土圧については Terzaghi の緩み土圧により求めることとし、この場合の最低土圧はトンネル径の土の荷重とした。

水圧については、土水分離を前提に静水圧分布から算定することとした。

さらに、建築物荷重については、大深度地下使用制度で前提とする建築物に対し、上載荷重の作用面から幾何学的に 45° の角度で分散させる方法により求めることとした。

これらの方法は、実績もあり、比較的計算も簡便で、現実的に十分可能なものといえるとともに、結果が、客観的かつ一義的に定まることから、大深度地下使用制度に対して、適切な方法を決めることができたと言える。

しかしながら、上載荷重を幾何学的に分散させる方法においては、地盤条件から分散角を一義的に決定する方法は確立されておらず、このため、大深度地下地盤の特性を考慮し、より精緻な FEM による計算結果と比較し、安全側となるように、 45° の分散角を決定した。これについては、安全側の数値であることは十分確認できたが、 45° を例えば 50° とした場合はどうなのか等まで精緻に検討を行うことができなかった。

例えば、首都圏であれば、同じ大深度地下であっても、東京層と軟岩の江戸川層とでは地盤特性は大きく異なり、これに対し、同じ考え方をを用いるのは合理性において若干問題があるといえる。

ここでは、むしろ、守るべき最低限のものを定めたといえ、この点に関し、今後、知見の蓄積を図り、地盤特性をもう少し精緻に反映できる仕組みを検討し、技術指針を見直していくことが必要である。

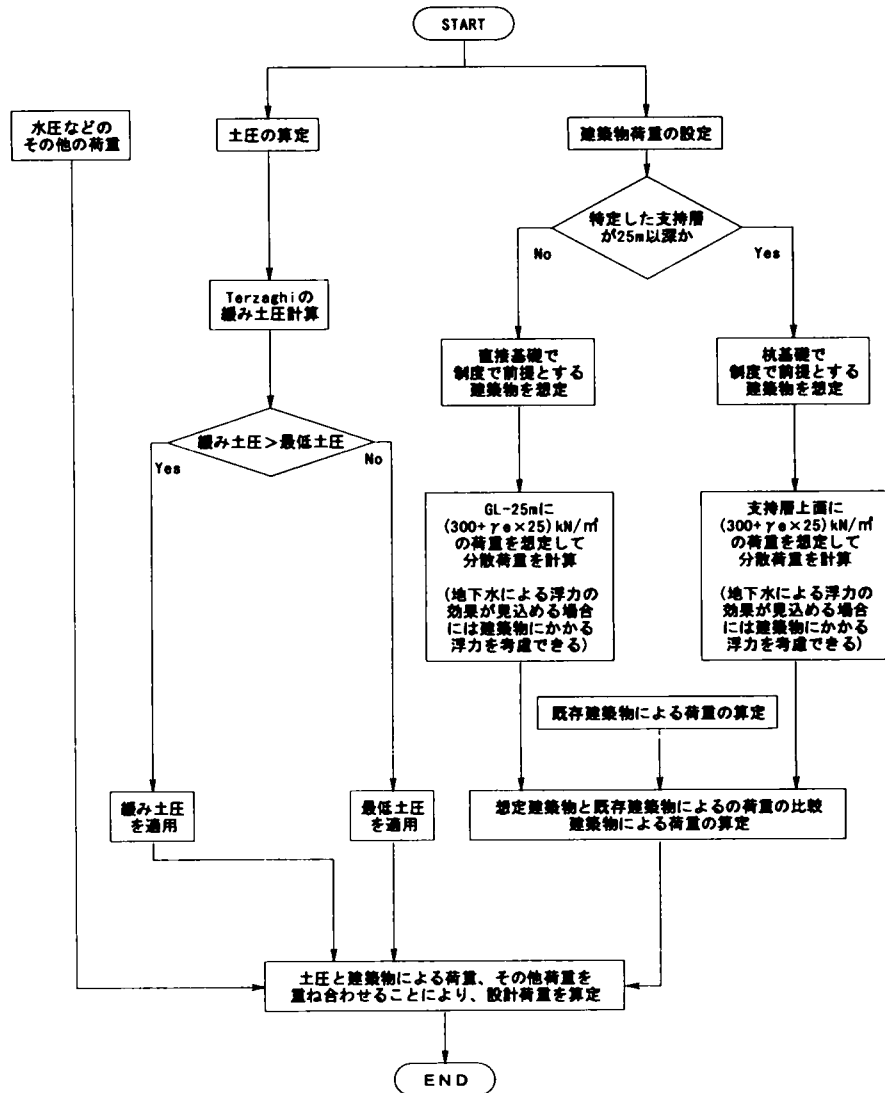


図 3.57 設計荷重のフロー図

3.9 結論

以上をもとに、大深度地下使用技術指針（案）・同解説をとりまとめた。今後、これにより、大深度地下使用制度を運用していくことになる。

大深度地下空間の特定方法については、技術的な疑義が生じないものとして策定できたと考えるが、荷重の算定方法については、知見の蓄積の不足から、かなり安全側に立っているといえ、経済的な事業の実施の観点からは、様々な課題が今後に残されているといえる。

まず、土圧について、Terzaghi の緩み土圧により算定することとしているが、弾性的な挙動を示すのではないかと考えられる大深度地下の地盤に塑性理論による緩み土圧を採用することの是非等について議論の余地がある。今回、文献等の調査で、いくつか、土圧パッドによりシールドトンネルにかかる土圧を直接計測した事例の整理も試みたが、水圧が支配的な荷重であることについての知見が得られる一方、どの程度の土圧が実際に作用するのか検討するまでの資料とはならなかった。また、計測方法に関しても問題を指摘している文献もあり、今後、深い地下の利用に際し、このような基礎的なデータを蓄積し、検討を重ねていくことが重要と考える。

また、現在の各理論は、浅い深度から深い深度までをカバーし、統一的に説明するようになっているが、大深度地下の地盤特性を反映する特別な理論が構築されても問題ないと考える。特に、対象地域が三大都市圏と限定されていることから、例えば、土丹層のような軟岩の場合についての考え方など、それぞれの地盤特性に応じた考え方を整理することも可能なはずである。

さらに、建築物の荷重については、実績があり、また、できるだけ単純で、かつ、客観的、一義的なものとなるよう、 45° の分散角で幾何学的に荷重が分散する方法を採用した。通常 30° の数値を用いたポストノードが用いられる場合が多いが、FEM 解析により、大深度地下地盤の特性を踏まえ 45° を採用したが、大深度地下といえども様々な地盤条件があり、一律 45° することは、さらに分散するような地盤の特性を考慮できなくするものであり、地盤特性を反映してより経済的な事業の実施を妨げるのではないかという危惧もある。将来的に発展する余地を残すように指針では記述を行ったが、今後、大深度地下地盤それぞれの評価をしっかりと行い、荷重の分散がどうであるのか検証し、場合によっては、考え方を变える必要があるといえる。

技術指針では、制度の考え方を踏まえた技術的な解釈を明確にし、できる範囲で一般的な解法を示したと考えており、今後の様々な知見の蓄積、技術の開発、研究の進展により、より最適解に近づく解法や特殊な解法が求められることを期待する。

その際には、本章で明らかにした内容が大いに役立つことを期待する。

参考文献

- 1) 鉄建建設(株)：深層都市 2 1 構想：1983
- 2) 経済団体連合会：首都圏の土地対策に関する意見：1987.3
- 3) 第 4 次全国総合開発計画：1988 年閣議決定
- 4) 財団法人運輸経済研究センター：大深度地下鉄道の整備に関する調査報告書：1988.3
- 5) 総合土地対策要綱：1988 年 6 月閣議決定
- 6) 財団法人日本建築センター：大深度地下利用に伴う地上建築物の安全性等検討委員会報告書建築センター報告書：1990.12
- 7) 臨時大深度地下利用調査会：臨時大深度地下利用調査会中間とりまとめ：1997.6
- 8) 臨時大深度地下利用調査会：臨時大深度地下利用調査会答申：1998
- 9) 遠藤茂之：名古屋地盤と高層建築基礎：土と基礎,1990.9
- 10) (社) 土木学会：トンネル標準示方書 [開削工法編]：1996.7
- 11) (社) 日本建築センター：山留め設計施工指針：1988.1
- 12) 東京都建築構造行政連絡会：建築構造設計指針：1991.12
- 13) 大阪府特定行政庁連絡協議会：基礎設計に関する指導基準：1984.10
- 14) 建設省：建設省告示 111 号地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を求めるための地盤調査の方法等：1978
- 15) (社) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針：1988.1
- 16) 財団法人鉄道総合技術研究所：シールド工法による鉄道トンネル実施例集(その 3)：1994
- 17) 足立紀尚、田村武、八嶋厚、上野洋：砂質地山トンネルの挙動と解析に関する研究：土木学会論文集第 358 号/Ⅲ- 3,1985
- 18) 桜井春耕：トンネル掘削に伴う緩み領域の研究：トンネルと地下 第 14 巻 1 号,1983
- 19) (社) 日本トンネル協会：トンネル掘削による緩み領域の調査報告書：1982
- 20) 桜井春輔、川嶋幾夫、神田聡、芥川真一：未固結地山における土被りの浅いトンネルのアーチ効果に関するモデル実験：土木学会関西支部年次学術講演会,1995
- 21) 桜井春輔、清水則一：地表面掘削のよる土被りの浅いトンネルの力学的挙動に関する実験的研究：建設工学研究所報告第 34 号 (報告) 1992
- 22) (社) 日本土木学会：トンネル標準示方書 [シールド工法編]・同解説：1996.7

- 23) 財団法人鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説シールドトンネル：1997.7
- 24) (社)日本トンネル技術協会：地中構造物の建設に伴う近接施工指針：1999.2
- 25) 中島信義他：大断面泥水加圧シールド工法によるトンネル周辺地盤の挙動について：土木学会年次学術講演会 1986.9
- 26) 岡田久延、溝内哲、近藤悦吉、田中一雄、松村正男、藤原吉美、小池章久：洪積層内シールドトンネルの沈下状況南港かもめシールドトンネルについて：土木学会第 52 回年次学術講演会 1997.9
- 27) 宮下恵喜男：地下補償の実務、1995
- 28) 岡田久延、岸孝雄、吉田良三、藤塚豊裕：大深度、急曲線、急勾配シールドの施工：トンネル工学研究論文・報告書第 6 巻、1996.11
- 29) 岡田久延、近藤悦吉、吉田良三、藤塚豊裕、杉嶋敏夫、大西豊：関西電力(株)西梅田 2 工区の大深度シールドにおける地下 70m でのトンネルへの作用土圧計測について、第 32 回地盤工学研究発表会、1997.7
- 30) 岡田久延、伊神直彦、近藤悦吉、吉田良三、藤塚豊裕、杉嶋敏夫、大西豊：大深度シールドにおけるトンネル挙動の計測：土木学会第 52 回年次学術講演会 1997.9

第 2 編 空間活用編

第4章 大深度地下空間利用における計画論

4.1 概説

現在までの地下利用においては、線上構造物である狭い道路空間をいかに高密度に利用するのかという観点から、様々な検討がなされてきたが、大深度地下使用制度は、民有地地下の利用を可能とする制度であり、今後、平面的な広がりを持った空間として地下利用を考える必要がある。言い換えれば、狭い線状の空間に構造物を縦方向に並べる発想から、広い空間に横方向に並べていく発想への転換が必要となる。

このように、大深度地下使用制度の構築をきっかけに、地下空間設計理論、地下空間計画において、今まで常識としてきたことが非常識に、逆に非常識としてきたことが常識になることが想定され、今までとは異なる発想で地下利用を考えていく必要が生じている。

また、大深度地下空間は、大都市に残された、最後の広大な未利用空間であり、かつ、深い地下である故にいったん設置した施設は撤去が不可能なことから、過去の地下利用に見られるような「早い者勝ち」、「虫食いの」な利用といったスプロール的な利用を防ぎ、適正かつ合理的に利用していく必要が高い空間である。したがって、大深度地下を利用していくためには、これを担保する仕組み、基本的な考え方を構築する必要がある。

本章では、4.2 で大深度地下空間が従来利用されてきた空間とどのような異なる特性を持つのかを、4.3 で現在までの地下利用の事例における問題点・課題をとりあげ、それを解決するための方策と大深度地下使用制度における対応を、4.4 で事業が輻輳した場合の利用調整の方法、4.5 で利用調整において判断基準となる大深度地下利用のあり方、4.6 で施設間の共同化方策、4.7 で都市計画制度との連携方策、4.8 で地下空間計画学の必要性を論じ、大深度地下を適正かつ合理的に利用していくための、仕組みや基本的考え方、その活用方策を論じた。

4.2 大深度地下の空間的特性

従来は、様々な制約から利用が可能な空間は事実上道路下に限られていたが、大深度地下使用制度により、深さ方向には大深度地下という制約はあるものの、民有地地下も含め、平面的にはほとんどの地下の利用が可能となる。したがって、狭い道路地下をどのように利用するのかということが大きな課題であった従来の地下利用とは、全く異なる発想で地下の利用方法を考える必要がある。

従来利用されてきた地下空間と異なる大深度地下空間の特性は以下の通りである。

(1) いったん設置した施設の撤去が困難であること（空間の不可逆性）

浅い地下の施設は掘り起こすことができるが、深い地下に設置された施設の撤去は事実上不可能といえ、施設は半永久的に存置されることとなる。したがって、いったん利用された空間に新たに施設を設置することに対しては、高度な技術が必要となるとともに、多大な費用、労力がかかることから、大深度地下空間については実質的に不可逆的な空間として捉える必要がある。地表に施設を整備するのとは異なり、利用に当たっては、100年、200年といったオーダーを見据えた長期的な視点を持つ必要がある。

(2) 平面的には広いが垂直的には狭い空間であること（扁平な空間利用のための発想の転換の必要性）

今までの地下利用においては道路下等の細い線的な空間にいかに施設を設置するのかということが重視されていたが、大深度地下使用制度によって、民有地地下の利用が可能となることから、平面的に広く広がった空間をどのように使っていくのかという視点が重要となる。

しかしながら、表 4.1 に示す通り、現在の止水技術を考えると現実的に利用可能な空間は地下 100m 程度であり、大口径のトンネルが 3 本程度交差すれば空間的にはいっぱいになることから、垂直的にはその利用可能性は限られた空間である。

よって、大口径の施設を設置すると、垂直的に空間を閉鎖するため、どのような規模（口径）の施設を平面的にどのように配置するのかという視点が重要となる。

このような意味で、今までの事業の計画調整とは異なり、平面的な広がりをもどのようにうまく利用していくかという発想へ転換が必要な空間である。

表 4.1 セグメントの目開きとゴムの止水能力（東京湾横断道路シール材の耐圧性能）

材質		吸収性ポリウレタン 樹脂天然ゴム	水膨張性ポリウレタ ンゴム	クロロブレン系合成 ゴム
種類		水膨張単体	水膨張単体	水膨張＋非膨張
耐圧 性能	目開き 3mm	水圧 1000kN/m ²	水圧 1000kN/m ²	水圧 1000kN/m ²
	目開き 5mm	水圧 600kN/m ²	水圧 600kN/m ²	水圧 600kN/m ²

注：1000kN/m²は地下水面下 100m までの止水能力があることを示す

資料：中村隆良¹⁾

(3) 地上からのアクセスの困難性

業種によって、アクセスの形態（斜路形式、立坑形式）は異なるが、浅い地下より深い地下の方が地上とのアクセスは困難となる。しかしながら、事業によっては、上下方向の移動が重力の影響を受けないもの（例えば、電力、通信等）もあり、利用に当たっては、その特性を十分に判断する必要がある。

また、立坑について、その建設コストは、一般的に深さ方向にべき乗程度で増大することから、事業全体のコストにおいては、大深度化は大きな問題となる。

頻繁に地上とのアクセスを要する施設の設置は、自ずから利用が制約されることとなり、大深度地下の特性を活かせる事業の立地を進める必要がある。

(4) 利用のしやすさに差異がある大深度地下空間（公共用地を座標軸としてとらえる視点）

土地利用が高度化、複雑化した大都市では、新たにな用地の確保は困難であり、地上部とのアクセス空間としては、道路、河川等の公共用地地下の活用が考えられる。特に長大な斜路で地上とアクセスせざるを得ない道路、鉄道などの施設はこの傾向が強いといえる。

よって、道路、河川等の線状の公共空間の周辺の大深度地下空間は、地上とのアクセスを確保しやすい空間として、大深度地下の中でも利用しやすい空間であり、逆に、大深度地下空間でも深さ 100m 程度の深い空間や地上とのアクセスを確保しにくい空間は、利用しにくい空間である。

このように考えれば、将来利用が輻輳する可能性の高い空間は限られてくるといえ、どのような施設を利用しやすい空間に配置していくのかという視点が重要である。また、道路、河川等の公共用地を座標軸として空間の整序を考えると大深度地下の空間利用をとらえやすい。

(5) 大深度地下を利用する事業は将来的にも発生する可能性がある（将来の利用の可能性を残しつつ利用を図る空間）

現在の地下利用の形態は、普遍的なものではなく、技術の進歩、社会的なニーズにより変化する可能性がある。

例えば、自動車トンネルの断面は、自動車の排気を換気する必要性から大断面の空間となっているが、排気ガスの影響を考えなくてよい電気自動車や水素自動車に変更されれば、もっと小さな断面形状で済み、換気のための立坑などの施設も少数、小規模で済むことから、地下利用の優位性が増すこ

とになる。このように、現時点の技術水準から将来どのような利用がなされるのかを予測することは難しい。

また、大深度地下の利用が技術的に可能になったのは、ここ十数年のことであり、今後の地下掘削技術の進展によっては、さらなる利用の可能性を持つ空間となる可能性もある。

地上部においては、古くなった施設をスクラップアンドビルドすることで、空間の更新が可能であるが、大深度地下では、施設をスクラップアンドビルドすることは困難であり、将来的な活用の可能性を残しつつ、どのように利用していくという発想が重要となる。

(6)大深度地下空間そのものの物理特性（大深度地下特性を活かした耐災力の強化）

地下空間が持つ物理特性として、振動、騒音、温度の遮蔽性がある。この中で、特に、大深度地下の特性として注目されるのは、耐震性の向上である。地上構造物が慣性力により振動するのに対して、地下構造物の慣性力は周囲の地盤に作用する慣性力より小さく、地盤の変位・変形に追従して振動することから、地震のゆれが小さいといえる。特に大深度地下は堅く締まった地盤で構成されていることから浅深度地下より優位であるといえ、過去の観測事例からも、地下深くでは、地震動の揺れは地表の数分の1程度であることが観測されている。このような特性を考えれば、災害に強い都市を構築する上で、重要な役割を担える空間といえ、この特性を活かしてどのような施設を、どのような形態で整備をしていくのかという視点が重要である。

また、騒音、振動、電磁波等の遮蔽性を利用した IC などの精密機械工場や地上では周辺環境に大きい影響を与える変電所等の地下への立地が考えられる。エネルギー施設は消費地の近くに立地が可能となれば、さらに有利なことから、将来的な技術の進展によって、様々な利用可能性があるといえる。

4.3 過去の地下利用における問題点

現在、地下利用に際しては、利用の輻輳化等を原因に様々な問題が生じており、これを解決するために費やされる労力、コスト、時間は多大なものとなっている。

本節では、現在の地下利用における問題点を事例から整理し、どのような原因から問題が発生しているのか、現行制度及びその運用の不備について検討する。

4.3.1 過去の地下利用の事例における問題点

最近の地下利用の事例からいくつか調査を行い、問題点の抽出を行った。

(1)関西電力能勢上二線における事例（事前協議の位置付け、将来計画との整合性の問題）

能勢上二線計画は大阪北部の能勢から大阪市内中心部へいたる延長 30km、電圧 50 万ボルトの超高圧地中送電線の計画である。この工事では、「西梅田工区」、「上二支線工区」、「学園豊崎工区」3つの工区で、地下道路計画と調整を図るため、トンネルの大深度化、急勾配化が余儀なくされた。

【西梅田工区の調整経緯】

・西梅田工区の概要

大阪市北区中津から梅田にいたる延長 3.3km の工区で、中間に立坑を設置し、2 台のシールドマシンによりトンネルを構築している、最大土被りはそれぞれ 60m、66m、シールド外径は 7.1m、8.0m である。

・調整の経緯

- 1991.7 道路管理者と調整会議開催（地下鉄新線（なにわ筋線）の計画があり要協議の指摘）
- 1992.9 協議の結果、土被り 40m で基本了解、計画協議書の提出
- 1992.11 JR から、将来の土留め壁(57m)に支障が生じないよう土被り 60m へ変更要請
- 1993.2 JR に対し、土被り 60m へ変更する旨回答
- 1993.4 JR より了解の旨回答、ただし、JR から大阪市地下道路構想について情報提供
- 1993.6 大阪市へ地下道路計画について打診
- 1993.11 大阪市より、地下道路計画（土被り 40m、φ 20m）の提示、土被り 66m への変更要請
- 1994.2 大阪市に土被り 66m で計画協議書を提出
- 1994.4 大阪市より協議書の回答

事前協議で土被り 40m で基本了解を得て、詳細設計を実施したが、詳細協議段階で、基本的な事項である土被りについて変更の要望があり、過去に例を見ない、大深度、急勾配施工となった。このための技術的な検討に多大な時間、労力が必要となった。

【上二支線工区の調整経緯】

・上二支線工区の概要

大阪市中心部上本町から東成区大今里にいたる延長 2km の工区で、最大土被りは 60m、シールド外径は 6.2m である。

・調整の経緯

- 1993.11 大阪市に対する説明会の実施
- 1995.8 工事発注（土被り 46m）
- 1995.9 大阪市に対し、事前協議書を提出
- 1995.12 大阪市より調査中の地下道路(3 ルート)の空間確保のため土被り 46m から 60m へ変更要請
- 1996.1 大阪市に対し計画協議書を提出
- 1996.8 大阪市より協議書の回答

事前協議を行ってきたが、工事請負契約後に、調査中の地下道路として可能性がある 3 ルート全てについて、空間を確保すべきであるとの指導があり、最大土被り 46m から 60m に変更した。このため、土質調査の再実施、シールドマシンの仕様変更等が必要となり、工期面が逼迫した。

【学園豊崎工区の調整経緯】

・学園豊崎工区の概要

大阪市淀川区三国本町から吹田市江坂にいたる延長 5km の工区で、最大土被りは 52m、シールド外径は 5.6m である。

・調整の経緯

- 1991.7 大阪市への説明
- 1995.12 地下道路構想について大阪市計画局より協議の申し入れ
- 1997.5 協議完了

1991 年時点から、協議を行い設計を進めてきたが、1995 年 12 月時点で地下道路構想に対する調整の申し出があった。大阪市の要請に基づき、付近の障害物調査等も実施、道路縦断線形も提示したが、予定ルートが決まらず、可能性のある 3 ルート全てに対応することとなった。

この事例における問題点は、①事業の調整のルール（手順）の不在、②将来構想との調整における評価等判断のルール（地下利用のあり方）の不在、③全体計画の不在の 3 つである。

①の事業の調整ルールの不在から、この場合では、事前に調整を進め、いったん確定したと考えて

いたものが、事後で覆されたり、道路管理者と協議を進めていても、都市計画部局等へ情報が伝達されていないため、後で調整の必要が生じる等の手戻りが生じており、事業そのものを場当たりに実施せざるを得なくなっている。また、これらの諸条件が事前に明らかであれば、計画段階で他のルートが選択された可能性も考えられる。

現在のやり方では、事業を実施する者が、調整すべきと考える相手と調整し、合意形成を図っていくが、自由化の流れもあり、各事業に様々な業種から参入可能となっている中、調整相手を事前に特定することはさらに難しくなっているといえる。事業者からの働きかけで情報の収集、調整を行うことについては限界があるといえ、地下情報、調整の場の一元化の必要性が示された例といえる。

また、調整が困難となった場合においても、判断の基準がなく、さらに、調整相手が判断を長期にわたり保留した場合には、対処方法がなく、結局、占用権等の権限を持つものの意向という力関係による解決が図られることになる。

②の将来構想については、ルートが決まっていない構想段階のものについても、その立地の可能性のある空間全てを考慮して事業を実施せざるを得なくなっている。このような全くの構想段階のものをどのように評価し、現在の整備を効率的に行うのか、また、将来の整備の可能性を残しつつ現在の整備をいかに合理的に行うのかといった計画手法の確立が求められている例といえる。

③の全体計画の不在については、地下利用に関する全体計画がないことから、関係者間のコンセンサスが形成できず、ちぐはぐな対応をせざるを得なくなっている。

「西梅田工区」で問題となったなにわ筋は、大阪中心部において、唯一地下鉄などが設置されていない南北の幹線道路であり、地下に新たに地下鉄や地下道路を計画するために残った唯一の空間といえ、大阪中心部の貴重な地下空間となっている。このため、計画サイドから見れば一種のリザーブ空間のようなものであり、できるだけ利用は控え、将来の利用の可能性を残す空間と考えるが、地下を利用する事業者が全てこのような認識を共有しているわけではなく、このような認識のずれが、そもそも問題を起こしたといえる。

具体の施設の整備計画がなくとも、それぞれの空間の持つ意味合いを整理し、これを全体計画としてとりまとめ、関係者間の認識を統一することが必要であることを提起しているといえる。

なお、能勢上二線については、経済状態の停滞、特に近畿圏における経済面での地盤沈下によるエネルギー需要の伸びの鈍化から、トンネルは掘削されたものの供用開始予定は当初の平成 17 年から平成 25 年以降へ変更されており、事実上、事業化のめどが立たなくなっている。事業の調整に長期を要したという側面はあるものの、今後利用がされなければ、地下利用としては、貴重な空間を浪費した上に、支障物となるだけであり、事業計画の長期的な確からしさ、利用されなくなった地下施設の有効利用方策という問題も提起している。

(2) 都営大江戸線における事例（共同化の調整）

都営大江戸線は、環状部 29km と放射部 14km からなる延長 43km の地下鉄である。

放射部のうち、3.5km については、図 4.1 に示す通り、首都高速中央環状新宿線と一体的な構築物として都市計画決定されており、駅部は高速道路と一体構造となっている。これに伴う、調整の内容は、以下の表の通りであるが、道路と一体として都市計画決定を行ったため、道路の建設による環境問題等の対応に多くの時間が費やされている。

また、駅部の首都高速との一体構築部分は、環状 6 号線拡幅用地買収後の施工となっていたが、用地買収が難航したため、本格着工が大幅に遅れているほか、表 4.2 に示す通り、他の鉄道との交差協議に 4 年以上の年月がかかっており、さらにガス・水道等の埋設物の支障移転の処理や防護に時間を要したため、開業の予定が当初より 11 ヶ月遅れている。

施設位置は、上部が高速道路、下部が地下鉄となっており、上部の高速道路の施工のため、地下鉄のシールドトンネルのセグメントは高価なダクタイル製となっている。

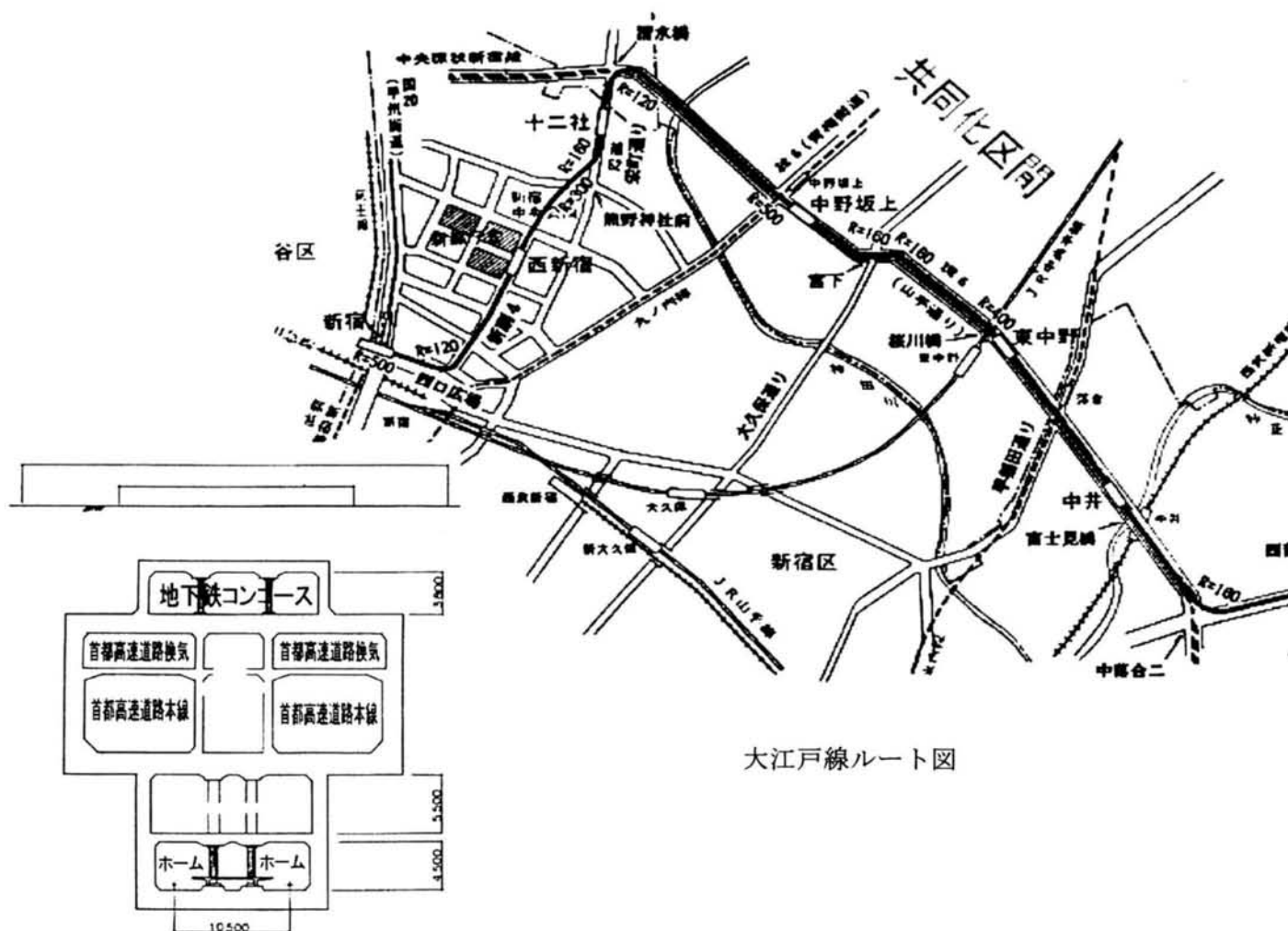
表 4.2 調整の相手先と主な内容

協議の相手先	首都高速道路公団	東京都建設局	鉄道事業者等
協議先の設備	中央環状新宿線 ボックスカルバート	環状 6 号線 道路拡幅 (22m → 40m)	JR 中央線、営団丸の内、東西線西武新宿線各種埋設物企業者
協議開始→協議終了	1986.1 → 1990.11	1986.1 → 1990.11	1986 → 1990

資料：運輸省に対するヒヤリングにより作成

この事例における問題点としては、共同施工の調整の難しさと、必ずしも共同化がコスト削減になっていないことである。

狭い道路地下に施設を配置するため、このような近接施工、共同化が必要となっているが、大深度地下使用制度では、平面的に施設を分散させて配置することが可能であり、無理に共同化を行うことは不要となる。



大江戸線ルート図

共同化区間の駅断面図

図 4.1 都営大江戸線と首都高との共同化

また、道路線形に制約されているため、十二社駅と中野坂上駅間では 90° を大きく超えるカーブとなる線形をとらざるを得ず、鉄道としては、線形上必ずしも理想的なルートとは言えない。

さらに、共同施工の調整に多大な時間が要するとともに、用地買収が必要となる道路事業と一体であったため、地元交渉が難航し、長期を費やさざるを得ない等、共同化によって、相手事業のスケジ

ュールに引っ張られ、事業化までに時間を要している。

この例からは、狭い道路に施設を収容するためには共同化は必然といえるが、必ずしも事業の共同化がメリットばかりをもたらすものではないことがわかる。

(3) 大阪JR東西線の例（有人施設と無人施設の関係）

JR 東西線は、大阪の中心部を東西に結ぶ延長 12.5km の地下鉄道である。このうち、国道 1 号、2 号線地下の部分は、共同溝の建設が同時期に予定されていたことから、駅部等の開削工法の区間では一体構築され、その他の区間では、シールド工法により施設が構築されている。

この場合の鉄道と共同溝の位置関係であるが、全ての区間で共同溝が上で、鉄道が下となっている。したがって、図 4.2 に示す通り北新地駅では、地下の最深階（地下 5 階部分）にプラットフォームが設置されており、その上の共同溝（地下 4 階部分）、電気、機械室（地下 3 階部分）を挟むかたちで、改札口（地下 2 階部分）が設置されており、利用者は、これらの階を越えて改札を利用している。

この配置が逆であれば、上下の移動距離は少なく済み、利用者の利便性、安全性の確保にも大きく寄与したのではないかとと思われる。

同時期に計画、調整がされ、一体的な構造物として構築されたにもかかわらず、利用者の観点から見れば、不便なものとなっているように思われる。

この事例における問題点としては、どのような地下利用が望ましいのかということについて、理論的にどのように判断を行うのか、地下利用のあり方論が不在していることである。

多数の人間が利用する有人施設と無人施設の位置関係の考え方はその典型例であるが、今まで、このような観点で研究が行われたことはなく、地下利用に当たっての判断の基準を整理する必要がある。

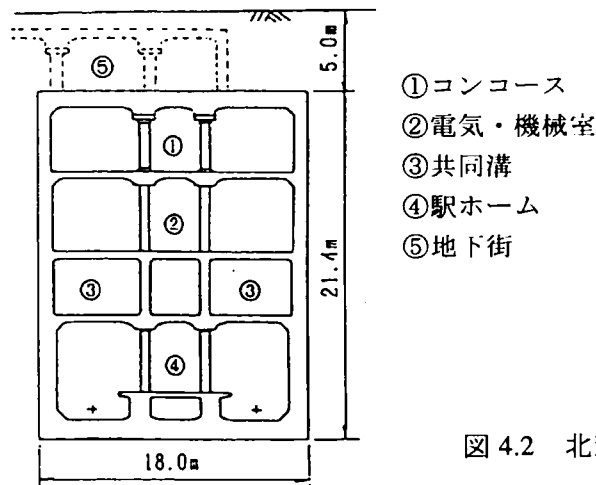


図 4.2 北新地駅断面図

(4) 地下利用のガイドプラン及び道路地下空間利用計画の問題点（マスタープランの問題点）

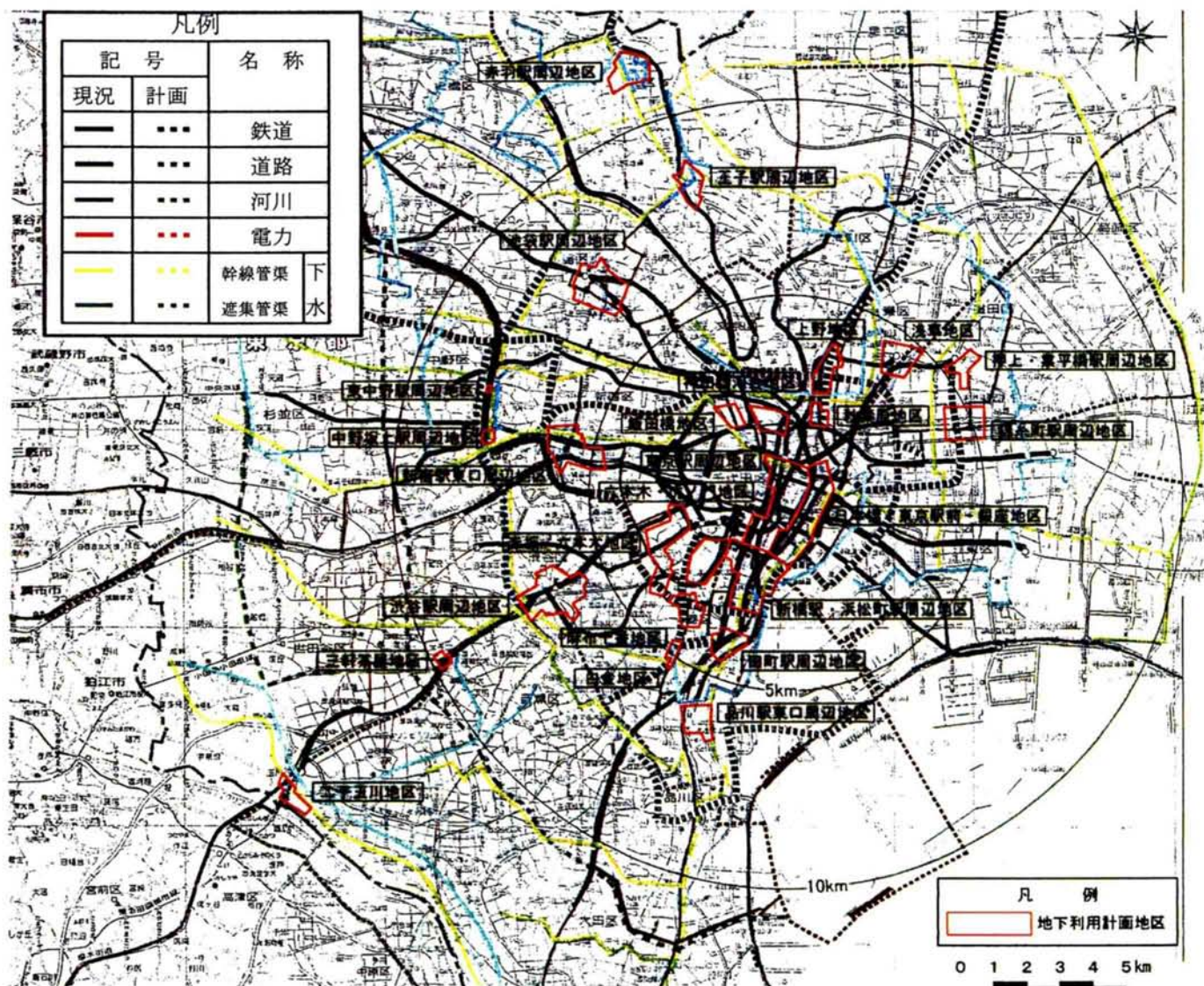
地下利用ガイドプラン及び道路地下空間利用計画はそれぞれ、平成元年 9 月の建設省都市局長及び道路局長通達「地下の公共的利用の基本計画の策定等の推進について」、建設省道路局長通達「道路地下空間利用計画の策定について」に基づくものである。

前者は、都市計画との調整を目的に、地下空間を「面」的にとらえて作成するもので、地下利用計画策定委員会を活用して計画策定を行うこととしている。後者は、道路を「線」としてとらえて作成するものであり、道路地下空間利用調整連絡会議を活用して策定を行うこととなっており、各々が補完し合って初めて計画として成立するといえる。

しかしながら、両計画とも、ゾーニングを行うものではあるが、具体的な事業の配置を決めるものではないことから、都市計画法の体系に位置付けることができず、法的効果をもたない通達によるガイドプランとして策定されている。

この両計画の問題点として、一つ目は対象エリアの策定手法がある。良い事例とされている大阪市（都市計画のガイドプランは公表済、道路のガイドプランは未公表）を例にとっても、大阪駅前地区、難波・湊町地区、長堀通周辺地区の3地区についてのみ作成されており、大阪のその他の地区の地下街がある中心市街地を網羅したものとなっていない。面的に地下利用が進展する地域は3地域といえるが、計画策定地区から漏れる地区においては、調整機能を果たすことができない。

地下利用の幅転化が進んでいる東京都においては、図 4.3 に示す通り、現在、25 地区を対象に地下利用ガイドプランの作成が進められているが、地下利用が進展している地域は、実態から見ればもっと広い範囲である。



例えば、環状7号線、8号線地下には、環状指向を持つ施設として、それぞれ環七地下河川、環八地下河川の整備が実施されており、さらには、地下鉄として、メトロセブン、メトロエイト等の構想が提案されている。このような施設が完成すると、環状方向に巨大な地下の万里の長城が設置されることとなり、リニア中央新幹線など、今後の放射指向を持つ施設の整備が難しくなると考えられるが、

対象地区には含まれておらず、施設配置を議論する場がない。

二つ目としては、ライフライン系の施設の位置づけが低いことである。建設省都市局の作成したガイドプランの作成指針²⁾では「河川、上下水道、共同溝、ガス、電力等の供給処理施設のうち根幹的なもの（幹線ルート及びプラント施設）」について、ガイドプランで定める内容としており、大阪市においても、これを踏まえ、「地下空間の層別利用原則」として、表 4.3 のとおり供給処理施設も含めて基本的な考え方を整理し、具体の地区の検討をおこなっているが、大阪市の場合、委員会メンバーは、大阪市の各部局を中心とする行政機関のみであり、電力、ガス、通信等の事業について発言するメンバーの参画はなく、最終的な地区毎の配置計画では、供給処理施設について「共同溝、キャブ等についての整備を進める」、「新規開発地区における、地域冷暖房施設、高度情報処理施設等のネットワークに対応する。」ことが記述されるにとどまっており、地下施設を網羅的に取り扱ったものとなっていない。

阪神・淡路大震災において、ライフラインが長期間途絶し、多大な影響が生じたことを考えれば、都市活動に必要なエネルギー等をどのように確保するのか、このための地下空間利用についても取り扱うべきであるといえる。

したがって、それぞれの地区の計画において、施設の配置計画として検討されたのは、表 4.3 に示す通り、交通施設（鉄道、地下駐車場、地下道路）、人間活動系施設（地下街、地下連絡道路）、供給処理施設（共同溝、キャブ等）であり、電気、ガス、水道等についての具体の記述はない。

表 4.3 大阪市地下利用計画検討における考え方

地下空間の層別利用原則
今後の計画的な地下利用を推進するにあたり地下空間における利用構成を基本的に以下のように考える。 ① 建物地下部分等と一体的に利用した方が効果的であり、かつ地上部分とのつながりの強い施設（地下街、地下通路、地下広場、地下駐車場、鉄道駅等）及び沿道利用のために接続する供給管等は浅層部に配置する。 ② 幹線的な供給処理施設や、地下鉄道・地下道路等の都市交通施設などを中・深層部に収容する。 具体の構成については、地上部との連絡の必要性の有無、歩行者の多寡、道路利用との整合性、施設の規模等を尺度として道路の機能・構造、地域の地形・地質・土地利用状況等を考慮するとともに、地上へのアクセス空間や交差点における地下利用施設相互の交差等を十分考慮してゾーニングを行う。
↓
根幹的な地下施設の配置計画（大阪駅周辺地区地下利用基本計画）
①都市交通施設 ・片福連絡線の整備 ・なにわ筋線の整備 ・阪神梅田駅の改善（阪神電鉄地下化） ・地下駐車場の整備（ダイヤモンド地区、国道 2 号線、豊崎地区、JR 大阪駅前広場） ・地区内に地下幹線道路の整備構想がある。 ②人間活動系 ・西梅田地区；地下広場、地下連絡通路の整備 ・ダイヤモンド地区；地下街、地下連絡通路の整備 ・JR 大阪駅前広場地下街の整備 ・国道 2 号線地下歩道の整備 ③供給処理施設 ・共同溝、キャブ等についての整備を進める。 ・新規開発地区における、地域冷暖房施設、高度情報処理施設等のネットワークに対応する。

注：この他の地区についても、具体の施設名は異なるものの、内容はほぼ同じ

資料：大阪市資料

三つ目は、情報公開の問題である。大阪市の例では、計画の策定過程において、詳細に施設の配置まで検討され、詳細な地図が作成されているが、公表されているのは、表 4.4 に示す抽象的な地区の地下利用のあり方であり、これを見て、どのような地下利用調整を行えばよいのか、計画策定にかかわらなかった外部の者には、わかりづらいものとなっている。

事例にあった、西梅田地区の地中送電線は、この計画地区内での調整に問題が生じたものであるが、策定過程に、電力側を代表する行政機関（近畿通産局）や電力事業者が参画していれば、計画策定過程を通じて調整が行われたものと考えられ、また、結果が詳細に公表されていれば、その結果をもとに事業計画を策定することが可能であったといえる。せっかく作成したものであるが、この事例では十分な調整機能が発揮できたとはいえない。

表 4.4 大阪市地下利用ガイドプランのうち公表されている内容

地区	地下利用の考え方
大阪駅周辺地区	西日本最大のターミナルとして、各種の都市活動が集積し、土地の高度利用と大規模な地下利用が進んでいる地区であり、大阪駅前ダイヤモンド地下街等の建設により、放射・環状型の歩行者ネットワークの形成や駐車場の整備を図るとともに、沿道建築物を含めた総合的な地下利用を推進し、より広範囲なネットワークの形成をめざす。
難波・湊町地区	関西国際空港への玄関口として、各種の都市活動が集積し、大規模な開発が進展している地区であり、湊町駅前東西線等の建設により、歩行者ネットワークの形成や駐車場の整備を図るとともに、沿道建築物を含めた総合的な地下利用を推進し、より広範囲なネットワークの形成をめざす。
長堀通周辺地区	高速鉄道7号線の整備に伴い交通結節点となる地区であり、長堀地下街等の建設により、歩行者ネットワーク形成や駐車場の整備を図るとともに、沿道建築物を含めた総合的な地下利用を推進し、より広範囲なネットワークの形成をめざす。

資料：大阪州市街化区域及び市街化調整区域の整備、開発又は保全の方針³⁾

なお、地下利用ガイドプランは通達に基づくものであったが、地方分権による通達行政の見直しにより通達は効力を失うこととなるため、今後、自治体における計画を支援するガイダンス的な存在になると考えられる。

(4) その他の事例

その他、表 4.5 に示す通り、関西電力の例と同様、調整がうまくいかず、事業の実施途上において計画の変更を余儀なくされた例や、表 4.6 に示す通り、情報の不足、情報の誤りから、事業の実施段階で問題が生じた例があった。

表 4.5 事業実施段階又は施工段階で事業の変更を余儀なくされた事例

事業者	調整先	場所	問題の内容
通信事業	鉄道事業	横浜市	事前協議段階で鉄道の地下化計画は示されていなかったが、実施設計段階で明らかになり、当初計画を変更
電気事業	下水道事業	千葉県	シールド掘進後に将来の下水道計画に対する空間の確保が要請され、急勾配施工等の変更が生じた
電気事業	道路事業	東京都区内	道路管理者の竣工図に表記がない歩道陸橋橋脚基礎杭があり、シールドマシンを止め、杭撤去等が必要になった

資料：各事業省庁、各事業者からのヒヤリングによる

表 4.6 情報不足から問題が生じた事例

事業	場所	問題の内容	原因
水道と通信	東京都区内	シールドマシンが既存トンネルに接触、破壊	調整不足、工事照会の不徹底
水道と電気	名古屋市内	電力の土留め壁が水道管に打ち込まれた	工事立ち会いがなかった

資料：各事業省庁、各事業者からのヒヤリングによる

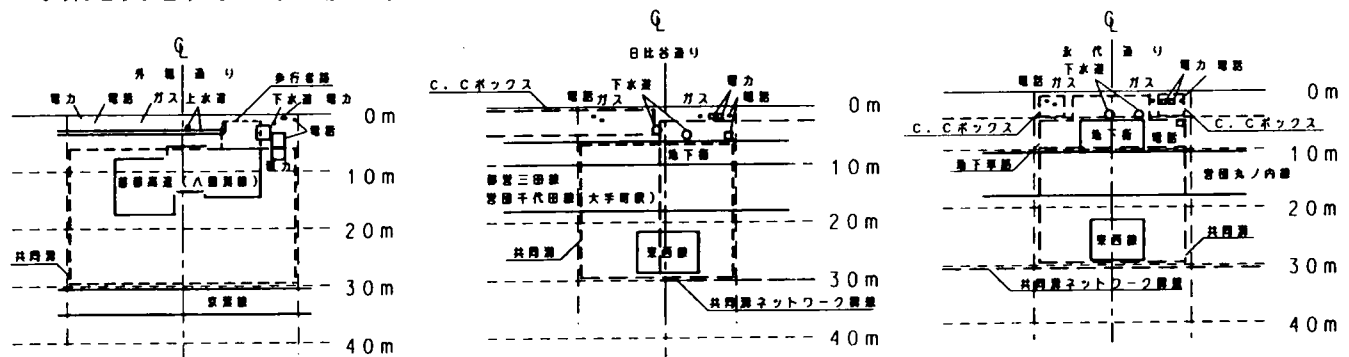
4.3.2 過去の地下利用の問題点のまとめ

過去の地下利用は、道路地下を中心に、施設の設置が早い段階で行われたものから順に使いやすい空間が“早い者勝ち”的に、また、各種施設が全体計画なしに短期的な必要性で“虫食い”的に利用されてきたといえる。

歴史的には、まず、水道が整備され、次いで、下水道、電気、ガス、と建築物に近い歩道下等の使いやすい空間から順に埋設された経緯があり、新たに設置される施設は、原則としてこれらの施設を避けて埋設されるため、既存施設の防護、施設位置の大深度化などコスト、工期がかさむ原因となっている。

また、一般には知られることはないが、多くの地下利用構想があり、これらとの調整をどのように図るかということが問題を複雑化させている。例えば、首都圏の鉄道においては、第2山手線構想、上越新幹線の新宿駅乗り入れ構想等があり、これらの空間は既にそれぞれの事業者が確保したこととしており、他の地下施設の立地を拒んでいる。また、道路においても、弾丸道路構想、さらに、主な幹線道路地下には、地下道路計画、地下物流構想が立案されていることが多い。

現在作成途上の東京都の地下利用ガイドプランでは、図 4.4 に示す通り幹線道路下のほとんどの断面に共同溝などの道路施設の立地が予定されていることとなっており、空間が確保されている。新たに事業を実施する地下施設は、これらの施設との調整を図ることが求められている。



外堀通り地下

日比谷通り地下

永代通り地下

図 4.4 東京都地下利用ガイドプランで検討されている東京駅周辺の道路の断面

しかしながら、現実に実施される事業と、これら構想との調整のためのルールはなく、どちらが地下利用として望ましいのかという合理的判断のもとに調整されるのではなく、許認可権を持つなどの力関係でルートが決まるといえる。

4.3.1 の事例から明らかになった問題点を時系列的に整理すると以下のようなになる。

(1) 地下埋設物及び将来予定されている事業の情報の入手の困難さ（計画立案段階）

地下埋設物及び将来予定されている事業の情報は一元化されておらず、事業を実施しようとする者が、調整すべきと考える相手と個別に調整を行っている。道路占用物件については、道路管理者が把握しているものの、詳細には各事業者にお問い合わせで入手するしかなく、計画策定に当たってこれら

を調査するには多大な労力がかかっている。また、近年、外資系の通信企業の進出のように、地下を利用する企業も多様化しており、ますます情報の入手が困難となってきている。

様々な地下施設との調整結果を事前に考慮してルートを選定できれば、効率的な事業の実施が可能となるが、ルート決定後に様々な調整を図るので、事業の変更などにより、コストが当初よりかかったり、調整が長期化し、供用のスケジュールがずれ込むなど、事業の効率的な実施の大きな障害となっている。

また、調整の相手を特定することも困難になりつつあり、事業者から各事業者逐一問い合わせる方法には限界があるといえる。

このため、①事前に将来の計画も含めた各種情報を一元化し、これを活用できるようにすること、②事業者からの働きかけで調整するのではなく、ある種の手段により、事業を周知すれば、調整が必要と考える各事業者の方から調整を申し出るような仕組みへの転換が必要である。

(2) 事業調整のルール（手順）の不在（事業調整段階）

調整すべき相手が特定できても、どのように調整を行うのかルール化されていないため、個別の調整に困難を抱える例が多かった。

道路地下では、道路管理者がその占有権者として調整を行うことができるが、実際は、事業者同士の調整に任せる場合が多く、また、道路管理者が将来的な事業を全て把握しているわけではないので、事後で都市計画的な観点や他の事業者と調整を余儀なくされる例が多くあった。

また、鉄道敷等の自社用地であっても、道路と交差する場合には、道路管理者からの要請で深く計画せざるを得なかった事例などがあり、調整のルールの内容も問題となっている。さらに、調整相手が判断を保留すれば、調整が事実上とん挫するため、事業を実施する側が本来必要のない調査を実施し、判断材料を提供する事例もあった。

このため、③調整の手順、調整の効力を明確にするとともに、④調整が不調となった場合にこれを専門的知見から公平に判断することが可能となる制度を構築することが必要である。

(3) 地下空間利用のルール（考え方）の不在（事業調整段階）

地下利用の際の調整に問題が生じるのは、それぞれの事業の実施の段階で有利であればよいという発想で調整を行い、双方に合理的な地下利用を行おうという姿勢がないためといえる。

道路管理者は、占有許可者として調整を行える立場にあるが、一方では、道路事業、共同溝事業を実施する立場であり、大阪の例（JR 東西線を見ても、地下の利用方法としては、検討の余地があったといえ、また、東京都のガイドプランでも、利用しやすい空間を共同溝の空間として設定する方向で検討が進んでいる。

一方、どのような地下利用が本来望ましいのかを、学問的なレベルで明らかにしたものではなく、調整が難航した場合に、事業者同士が解決策を共有することができず、積極的に合理的な空間利用を図るのではなく、妥協点を探ることに調整が終始するようになっている。

このため、⑤どのような地下空間利用が望ましいのか、例えば、有人施設と無人施設の配置の問題のような基本的な事項からルールを明確にする必要がある。

(4) 地下埋設物の位置の不確かさ（施工段階）

地下を掘削中に予期せぬ埋設物により、事業が中断、工法を変更する必要が生じた例があり、各事業者が正確に埋設物の位置を把握し、これを提供することが重要である。

しかしながら、かなり以前に埋設された地下埋設物の位置はわからないことが多く、また、近年埋設されているものについても、その位置が図面通りに埋設されているとは限らず、物理探査等を用いて簡単に地下埋設物位置が把握できる調査方法の開発が期待される。

(5)事業の廃止（管理段階）

せっかく設置した地下施設であるが、事業が目的を終えたり、社会情勢の変化から、利用の見込みが立たなくなったりする場合がある。現在は、利用されないまま事業者がそのまま引き続き管理を行っているが、地下空間の有効利用という観点からは、容易に他事業へ転用できる等の制度を設け、施設の用途が社会情勢に応じ、柔軟に転換されることが必要である。

(6)まとめ

地下利用に当たってのルールが不在していることが様々な問題を引き起こしているといえ、また、公平に調整を行う仕組みがないことが、これに拍車をかけている。

問題を生じている事例からの課題としては以下の6点に集約できる。

- ①各種地下情報の一元化と各情報の精度の向上
- ②調整が必要と考える事業者から申し出る制度への転換
- ③調整の手順、効力の明確化
- ④調整が不調となった場合に公正な判断する専門機関の必要性
- ⑤地下利用のあり方の策定
- ⑥施設の用途の柔軟な転換

大深度地下法の作成に当たっては、これらの点を踏まえて法制化を行った。大深度地下使用制度は、単に事業を円滑に進めるための権利調整の仕組みを整えただけでなく、過去の地下利用の問題点についてもアプローチし、大深度地下の適正かつ合理的な利用を図ろうとしたものである。

4.3.3 大深度地下使用制度における問題点への対応

先に述べた①から⑥の課題について、どのような対応がなされたのか簡単に触れる。詳細には、該当する章、節で考え方を述べる。

①の各種地下情報の一元化と各精度の向上については、法律に、

（情報の提供）

第八条 国及び都道府県は、公共の利益となる事業の円滑な遂行と大深度地下の適切かつ合理的な利用に資するため、対象地域における地盤の状況、地下利用の状況等に関する情報の収集及び提供その他必要な措置を講ずるよう努めなければならない。

として、国及び都道府県の責務として地下に関する情報の整備・提供を義務づけた。このように地下情報に係る整備が法律で位置付けられたのは初めてのことであり、これを踏まえ今後、情報の整備を進めていくこととなる。この地下情報のあり方については、詳しくは第5章で述べる。

②の問題があると考ええる事業者から申し出る制度への転換については、法律に、

（事前の事業間調整）

第十二条 事業者は、使用の認可を受けようとするときは、あらかじめ、国土交通省令で定めるところにより、次に掲げる事項を記載した事業概要書を作成し、前条第一項の事業にあつては当該事業を所管する大臣（以下「事業所管大臣」という。）に、同条第二項の事業にあつては都道府県知事にこれを送付しなければならない。

- 一 事業者の名称
- 二 事業の種類
- 三 事業区域の概要
- 四 使用の開始の予定時期及び期間

五 その他国土交通省令で定める事項

- 2 事業者は、前項の規定により事業概要書を送付したときは、国土交通省令で定めるところにより、事業概要書を作成した旨その他国土交通省令で定める事項を公告するとともに、事業区域が所在する市町村において、当該事業概要書を当該公告の日から起算して三十日間、縦覧に供しなければならない。
- 3 第一項の規定により事業概要書を送付された事業所管大臣又は都道府県知事は、速やかに、事業区域が所在する対象地域に組織されている協議会の構成員にその写しを送付しなければならない。
- 4 前項の規定により事業概要書の写しを送付された協議会の構成員（第四条各号に掲げる事業を所管する行政機関に限る。以下この項において同じ。）は、同条各号に掲げる事業を施行する者のうち当該協議会の構成員に所管するものに対し、当該事業概要書の内容を周知させるため必要な措置を講じなければならない。
- 5 第二項の規定による公告をした事業者は、同項の縦覧期間内に、事業区域又はこれに近接する地下において第四条各号に掲げる事業を施行し、又は施行しようとする者から事業の共同化、事業区域の調整その他事業の施行に関し必要な調整の申し出があったときは、当該調整に努めなければならない。
- 6 前項の規定による調整の結果、第二項の規定による公告をした事業者と共同して事業を施行することとなった事業者については、前項各項の規定は、適用しない。

とし、事業概要書を行政機関に提出し、公告、縦覧に供すれば、関係する事業者は事業の概要を周知したこととし、また、調整についても、事業者から出向いて調整を図るのではなく、調整の申し出を受ける仕組みとしている。これにより、調整の漏れの責任は、事業を実施しようとする事業者から、相手の事業者に移されたこととなり、調整にかかる事務量が大きく減少することになる。

③の調整の手順、効力の明確化及び④の調整が不調となった場合の公正な判断する専門機関の必要については、法律第十二条に事前の事業間調整として手続きを明確に定めたほか、使用認可申請書に、調整の終了、未了を問わず、

（使用認可申請書）

第十四条 事業者は、使用の認可を受けようとするときは、国土交通省令で定めるところにより、次に掲げる事項を記載した使用認可申請書を、第十一条第一項の事業にあつては事業所管大臣を経由して国土交通大臣に、同条第二項の事業にあつては都道府県知事に提出しなければならない。（略）

十一 第十二条の第五項の規定により調整の申し出があったときは、当該調整の経過の要領及びその結果を記載した書類

を添付することとし、認可権者（国土交通大臣又は都道府県知事）がこれをもとに、事業の実施により得られる公益と失われる公益との比較衡量を行い、使用の認可の可否を判断する仕組みとした。

これにより、事業者間の調整に全て委ねられていた現在の方式から、国土交通大臣又は都道府県知事が最終的に公正な判断を行う方式へと変わった。

⑤の地下利用のあり方については、法律に、

（基本方針）

第六条 国は大深度地下の公共的使用に関する基本方針（以下「基本方針」という。）を定めなければならない。

- 2 基本方針においては、次に掲げる事項を定めるものとする。
 - 一 大深度地下における公共の利益となる事業の円滑な遂行に関する基本的な事項
 - 二 大深度地下の適正かつ合理的な利用に関する基本的な事項
 - 三 安全の確保、環境の保全その他大深度地下の公共的使用に際し配慮すべき事項
 - 四 前三号に掲げるもののほか、大深度地下の公共的使用に関する重要事項
- 3 国土交通大臣は、基本方針の案を作成して、閣議の決定を求めなければならない。
- 4 国土交通大臣は、前項の規定による閣議の決定があったときは、遅滞なく、基本方針を公表しなければならない。

らない。

5 前二項の規定は、基本方針の変更について準用する。

とし、この第2項第2号において、大深度地下利用に当たっての基本的な考え方を記すこととし、使用の認可に当たっては、この基本方針への適合性について審査を行い、適正かつ合理的な利用が確保される仕組みとした。

⑥の事業用途の柔軟な転換を可能にすることについては、

(権利の譲渡)

第二十八条 使用の認可に基づく権利の全部又は一部は、第十一条第一項の事業にあつては国土交通大臣、同条第二項の事業にあつては都道府県知事の承認を受けなければ、譲渡することができない。

- 2 前項の規定による国土交通大臣への承認の申請は、事業所管大臣を経由して行わなければならない。この場合においては、事業所管大臣は、遅滞なく、申請書を検討し、意見を付して、国土交通大臣に送付するものとする。
- 3 第一項の規定による承認の申請書の様式は、国土交通省令で定める。
- 4 第十七条の規定は、第一項の規定による承認について準用する。
- 5 国土交通大臣又は都道府県知事は、第一項の規定による承認をしたときは、それぞれ官報又は当該都道府県の公報で告示しなければならない。
- 6 国土交通大臣又は都道府県知事は、前項の規定による告示をしたときは、直ちに、その旨を、事業区域が所在する市町村の長に通知するとともに、国土交通大臣にあつては 関係都道府県知事に通知し、都道府県知事にあつては国土交通大臣に報告しなければならない。
- 7 使用の認可に基づく権利の全部又は一部を譲り受けた者は、譲渡人が有していた使用の認可に基づく地位を承継する。

とし、権利譲渡の規定を設け、無秩序な転換を制限する一方、関係行政機関からなる協議会において、様々な情報が交換されることを予定しており、柔軟な用途の転換が行われるものとする。

4.4 利用が転換した場合における事業間の調整の方法

問題点から明らかになったように利用が転換した場合、どのような方法で、どのような空間配置を調整するののかということについてルールを定めておくことが必要である。ここでは、大深度地下使用制度において、どのような調整の仕組みを設けたのかについて述べる。

4.4.1 現在における調整の仕組み

現在は、利用がほとんど道路の地下に限られていることから、調整の仕組みとしては、①道路管理者が主催し、占有企業が参加する道路調整会議を通じて調整を行う場合と、②道路管理者の占有許可の認可の中で調整を行う場合、③他企業の計画を独自に情報収集し、必要に応じて調整を行う場合の3通りの方法が採用されている。

①については、道路の掘り返し防止を中心に約3年程度の期間を見通した調整が実施されているようである。②については、占有許可の申請又は事前協議があつて初めて調整が可能となるものであり、ある程度具体化したものが対象となっている。また、③については、それぞれの事業によってケースバイケースではあるが、事業が具体化した段階で調整されるものであり、いずれの場合も、長期的な視点に立って調整を行うことを目的としたものではない。

4.4.2 臨時大深度地下利用調査会答申において提案された調整の仕組み

臨時大深度地下利用調査会答申⁴⁾では、今まで述べてきたような大深度地下の特性を踏まえ、利用に当たっては、「可能な限り長期的な視点に立つべき」とし、「①長期的かつ広域的な視点を確保するための構想段階からの調整、②複数の具体的な事業の実施位置を明確にするための即地的な計画、③実施位置が近接又は競合する事業間で、事業が具体化した時点で行う個別の調整といった多段階の仕組みとすることが適当であり、それぞれの段階で調整、決定した内容については、その実現を妨げないような効力を持つことが望ましい。」とし、表 4.7 に示す 3 段階の調整の仕組みを提案している。

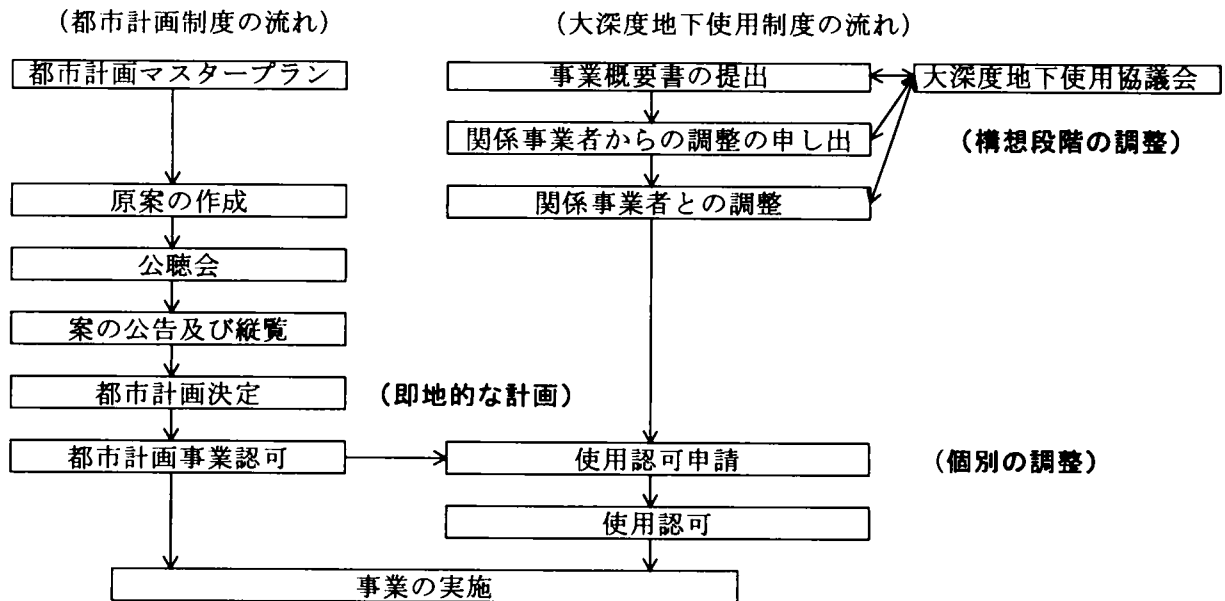
表 4.7 臨時大深度地下利用調査会答申における考え方

	目的・内容	効果・効力
構想段階からの調整	<p>目的：大深度地下利用事業全体を把握し、大深度地下の適正かつ計画的な利用を図る。</p> <p>内容：可能な限り長期を見通して、大深度地下利用事業（構想を含む）を把握し、調整を図る。</p> <p>表示：図、文書により表示。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・大深度地下の利用構想が全体として把握され、調整の要否が明確となり、適正かつ計画的な利用のための事業者間の調整が促進される。 ・即地的な計画に当たっては、調整の結果が配慮される。 ・調整結果については、大深度地下の使用権を設定するに当たって一定の配慮がなされる。
即地的な計画	<p>目的：個々の地点の大深度地下の適正かつ計画的な利用を図る。</p> <p>内容：必要な場合（複数施設間の調整、浅深度・地上の土地利用との調整等）に策定し、個別地点、空間での合理的な事業実施の位置を計画決定する。</p> <p>表示：図、文書により表示。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・計画に従って施設整備をすることが必要となる。 ・計画された施設の整備を妨げるおそれのある行為（他の社会資本整備、私的利用）は規制される。
個別の調整	<p>目的：複数施設間の個別の調整を行い、大深度地下の適正かつ計画的な利用を図る。</p> <p>内容：複数施設を近接して作る場合、効率的な施設配置等のため、具体的な施設の構造等の詳細を確認する。</p> <p>表示：図、文書により表示。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・共同化や合築等による効率的な空間利用や良質な通路網による利便性の向上が促進される。 ・即地的な計画に当たっては、調整の結果が配慮される。 ・調整結果については、大深度地下の使用権を設定するに当たって一定の配慮がなされる。

4.4.3 大深度地下使用制度において導入した調整の仕組み

大深度地下使用制度においては、答申を提言された仕組みを踏まえ、図 4.5 に示すフロー図のように調整の手順を制度化した。

構想段階の調整については、法第 7 条に基づく大深度地下使用協議会を活用して、行政機関同士でできるだけ早い段階から情報交換、調整を行うほか、第 12 条に基づく事前の事業間調整により、事業の大まかな予定が決まった早い段階で事業者間同士においても調整を行うこととしている。



※ () は答申における3段階の調整の考え方

図 4.5 大深度地下使用制度における調整の流れ

事業者間同士の調整の仕組みについては、図 4.6 に示すように、現在は、事業者自らが調整すべき相手に個別に説明を行い、調整が了するまで継続して行う仕組みとなっているが、これに多大な労力、時間を要していることから、大深度地下使用制度においては、主客を逆転させて、事業者は概要書を行政機関に提出、縦覧に供すれば法律的に全事業者に周知したことにするとともに、調整の必要があると考え他の事業者が調整を申し出る仕組みに転換させており、労力の大幅な軽減が図れるほか、調整を行う、行わないの判断は各事業者の責任に転換されることから、原則として調整の漏れはないことになる。図 4.6 に現在の調整の仕組みと大深度地下使用制度の仕組みとを対比させた。

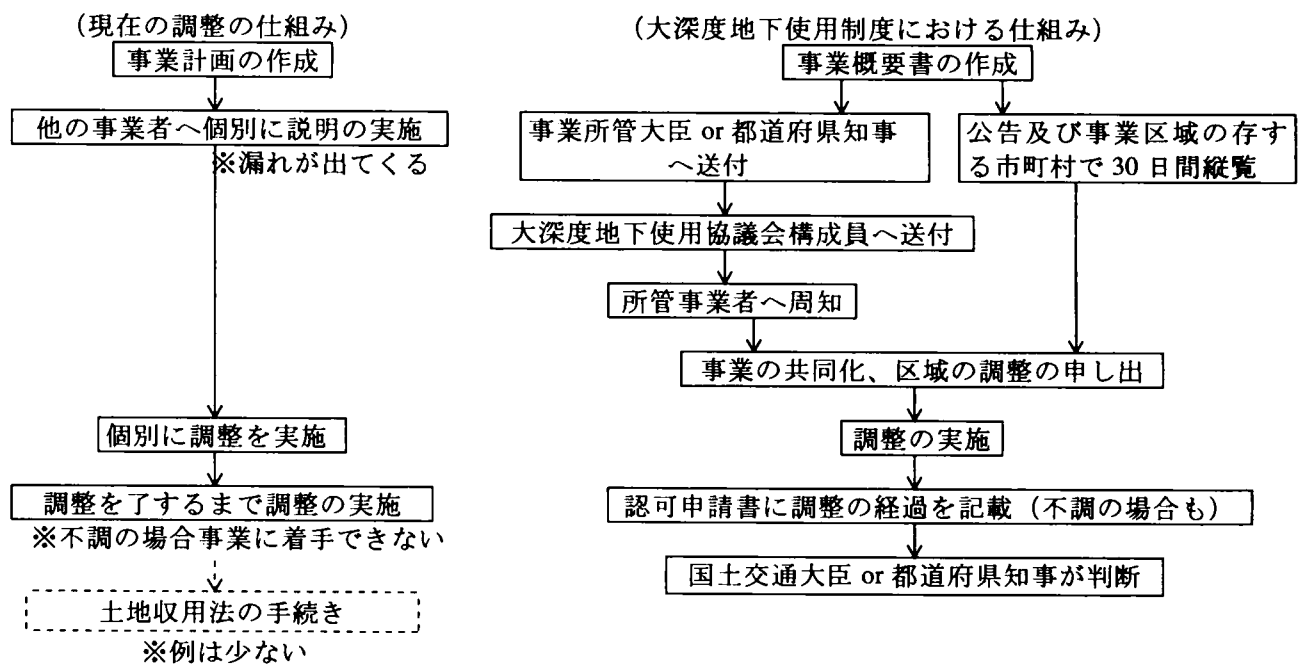


図 4.6 現行と大深度地下使用制度の事業者間の調整の仕組みの比較

当然のことながら、法律に基づく事前の調整を行ったというプロセスは、相当の効力をもつものである。

また、即地的な計画については、現在、施設の位置を即地的に定めることができる制度として都市計画制度があり、今般、大深度地下法と同時期に、都市計画法の改正により立体都市計画制度が創設され、立体的な区域として地下に都市計画決定ができるようになったことから、大深度地下使用制度の中に並立する制度を構築するのではなく、都市計画制度と連携を図ることとした。これについては、4.7 で詳説する。

個別の調整については、調整の必要がある事業者は第十二条による事前の事業間調整で特定され、認可申請を行うまでの間に、個別、詳細に調整が行われ、認可申請書にその経過と結果が記載される。

なお、現在は、原則として調整を了する必要があるが、大深度地下使用制度においては、必ずしも調整を了しなくとも申請を行うことができ、最終的な判断は国土交通大臣又は都道府県知事が公正な立場から行うこととした。

このように、調整の手順、効力を法律で明確に規定しており、何ら根拠なく調整を行っている現在の状況から見れば大きな進歩を遂げたといえる。

ただし、これは大深度地下使用制度においてのみ有効で、道路占用による浅い地下利用等については従来通りの調整が必要で、大深度地下使用制度の構築を機に、同様の制度が検討され、現行の方法が見直されることが期待される。

4.5 利用が輻輳した場合の大深度地下利用のあり方

調整の手順、効力は大深度地下法の中で明確にしたが、実際に調整を行うための判断の基準となる大深度地下利用のあり方については明らかにされていない。これに関しては、法第6条に定める基本方針において記述し、認可に際しては、基本方針への適合性を判断し、実効性を担保する仕組みとしている。

事業間の調整の具体的内容としては、輻輳する事業間の空間配置の調整と輻輳する事業の共同化の2つの内容が考えられる。共同化については、4.6 で述べることとし、ここでは、事業間の空間配置の調整のあり方について述べる。

4.5.1 事業間の調整の必要性の検証

大深度地下使用制度には、事前の事業間調整の仕組みを用意しているが、このような調整も大深度地下を利用する事業がごく少数であれば、調整のための判断基準を定めず、その場その場で決めていくことで足りうと考えられる。したがって、ある程度の数の事業が将来予測され、調整のための判断基準が必要となるか否かを考える。

大深度地下利用の必要性については、地上の土地利用の高度化、複雑化による地上での公共事業の実施の困難化、浅い道路地下の利用の輻輳化と関連すると考えられることから、これら現状をもとに検討した。検討にあたっては、表4.8に示す通り様々なデータを指標化した。

土地利用の高度化については、高層建築物が多く建設されており、中高層の住居に居住する世帯の割合が高ければ高いほど高度化しているのではないかと考え、これらの現状について調査した。

これより、高層建築物については三大都市圏で多く見られる一方、中高層住宅に居住する世帯の割合は、関東では低く、西日本の名古屋、関西、福岡で高い値を示している。

また、高密度開発のために容積率の割り増しを行う制度の導入件数を調査した。これからは、3大都市圏で制度の導入件数が多く、土地利用の高度化の進展状況として、他の政令指定都市とは差がある状況がわかる。

表 4.8 3大都市圏、政令市における土地利用、地下利用の状況

指標		札幌	仙台	千葉	23区	川崎	横浜	名古屋	京都	大阪	神戸	広島	北九州	福岡
高層建築物の棟数	60m 超	27	19	28	491	20	50	43	2	159	64	26	3	18
	100m 超	3	5	11	140	2	17	6	0	54	19	2	2	4
共同住宅世帯割合	6階以上の割合%	15.15	10.96	11.91	18.09	11.94	14.12	20.64	12.01	31.05	17.90	14.69	12.87	23.66
	3階以上の割合%	36.08	27.58	39.41	44.51	42.83	38.07	46.08	33.94	54.70	48.14	40.19	35.47	52.57
各種制度の導入状況	特定街区導入件数	3件	0件	2件	51件	3件	5件	6件	1件	12件	10件	3件	0件	0件
	総合設計導入件数	24件	31件	12件		27件	183	102	21件	592	126	79件	15件	73件
	高層住居導入地域数	26件	0件	8件	82件	5件	12件	11件	2件	10件	46件	9件	12件	10件
20m以深道路地下利用状況		地点数			1039	72	473	103	27	162	23	6	57	30
地下鉄整備状況		営業キロ数	48.0	14.8		250.7		40.4	78.2	26.4	115.6	30.2	0.3	17.8
大深度		40m以深の事業数	0	0	0	54	2	24	4	1	12	2	1	0
地価		平均地価(円/m ²)	80700	104100	164200	478630	302700	279400	180400	290300	346300	237500	149100	87800

注「高層建築物の棟数」は第3章の「高層評定全体データベース」より求めた各都市に存在する高層ビルの棟数

「高層住宅の世帯割合」は全世帯数に対する当該階数以上に居住する世帯の割合。資料は平成7年国勢調査。

「特定街区導入件数」は特定街区制度を利用した地区数を示す。資料は都市計画年報

「総合設計導入件数」は総合設計制度を利用した地区数を示す。資料は建設省資料

「高層住居導入地域数」は高層住居導入制度を活用した地域の数。資料は都市計画年報。

「道路地下利用状況」は第5章の道路管理データベースの位置情報のうち地下20m以深のポイント数を集計
(仙台、千葉は同データベースが整備されておらずデータなし)

「40m以深の事業数」は、各省庁からのヒヤリングにより40m以深を利用した事業の数を集計

「平均地価」は平成11年都道府県地価調査の実施状況及び地価の状況(国土庁)をもとに作成

現在の道路下の地下利用の進展状況について、第5章において述べる(財)道路管理センターが整備している道路の埋設物の位置を収録した道路管理データベースを使い、三大都市圏、政令市の埋設物の深度の状況を調べた。

同データベースでは、位置情報はそれぞれの埋設物の屈曲点、勾配の変化点で作成されており、必ずしも管理延長と比例しているわけではないが、深さ方向にどの程度利用が進行しているのかを知る目安になる。なお、地形的な要因で深い管路もあり、データを見る場合には考慮する必要がある。

表4.8に地下20m以深の各埋設物のポイント数の合計を記すがこれより、東京において深い地下利用が進展していることがわかる。次いで、大阪、札幌、名古屋において深いことがわかる。

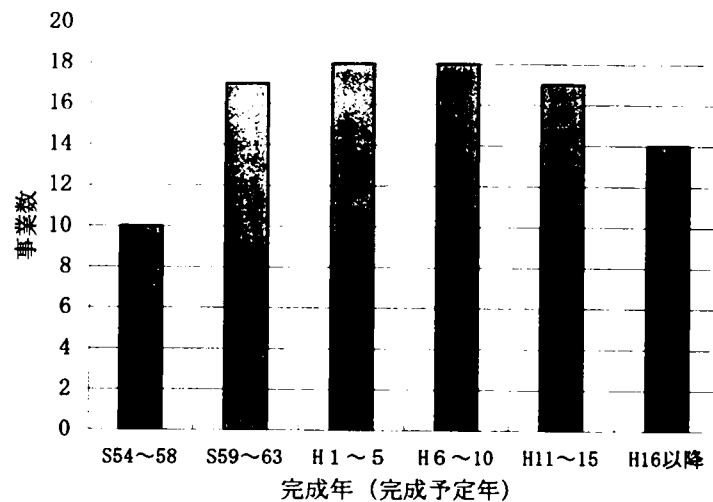
また、各省庁が所管する事業の内40m以深を利用している事業の数について調査した。これからは、広島において例はあるものの、このような事業が見られる地域は三大都市圏のみであるといえる。

地下鉄の営業キロ数についても、50kmを超えるのは、東京、大阪、名古屋の三大都市圏のみである。

これらを総合的に勘案すれば、大深度地下利用が見込め、事業間の調整が特に必要といえるのは三大都市圏といえることから、具体的には三大都市圏を対象に大深度地下利用のあり方を考えることとした。

また、各省庁からのヒヤリングでは、三大都市圏において既に40m以深を利用している事業の総数は100程度あり、大深度地下使用制度構築前であっても、図4.7に示す通り、5カ年の間に20程度の事業が完成している。換算より年間平均4～5件程度の事業が大深度地下相当の深度(土被り40m以深)を利用していることがわかる。

また、各事業においても、現段階で公表されてはいないが、地下を利用した長期の設備構想を相当数検討しており、首都圏では、特に環状7号線、8号線の地下を利用した計画を多くの事業者が検討している。



資料：厚生省、運輸省、通産省、郵政省、建設省、農水省からの聞き取り調査より作成

注：三大都市圏の都市部で行われている土被り 40m 以上の事業を集計(除く山岳トンネル)

図 4.7 40m 以深を利用している事業の数 (完成年度ベース)

このように、道路地下の利用の深度化、深い地下利用の実態、今後の地下を利用する事業の見込みから、現状においても、大深度地下利用の輻輳化の可能性は大いにあるといえ、さらに、大深度地下使用制度の構築により地下利用の可能性が広がったことから、事業間の調整のあり方について定める必要があるといえる。

4.5.2 平面的な空間配置、垂直的な空間配置とゾーニングの問題

大深度地下は、平面方向には広い空間であることから、利用が輻輳したとしても、横方向には十分な離隔をとった施設の配置が容易であり、平面的には適正な空間利用が十分可能である。

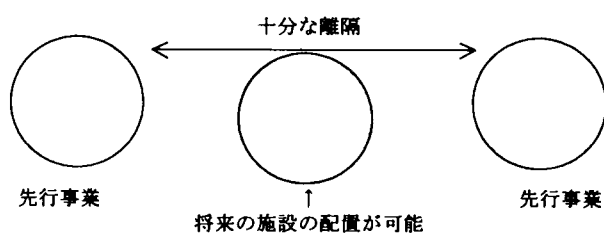
一方、垂直方向に利用可能な範囲は 40m から 100m 程度の狭い空間であり、トンネルが数本交差すれば空間としては閉塞され利用が不可能となる。したがって、事業間の空間配置の問題としては、平面的な調整より、交差に伴う垂直的な調整のルールを決めておくのが重要である。

つまり、将来の事業の妨げとならないように地下利用を図る場合、平面的には、図 4.8 に示す通り、早い段階から埋設する施設同士が十分な離隔をとるよう配置すれば、将来の事業を行うスペースを確保することが可能であるが、逆に、垂直的な交差のルールがなければ、図 4.9 に示すように、交差する空間がなくなったり、上下に曲げる必要が生じたりするため将来の事業の妨げになる可能性がある。

したがって、まず第一に垂直的な交差のルールを明確にしておくことが重要である。

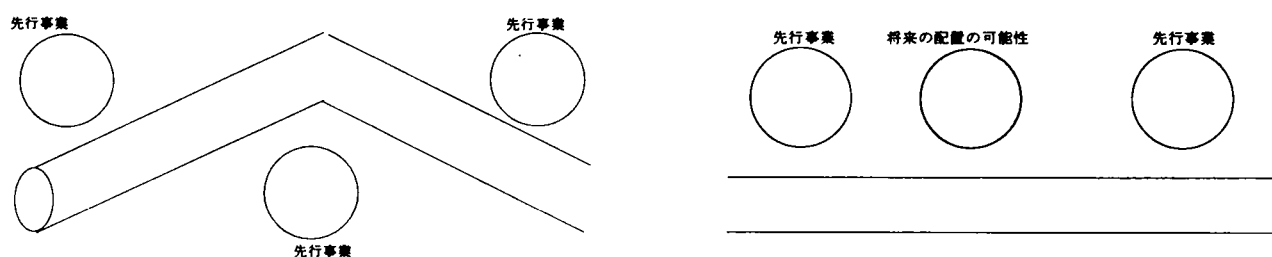
また、大深度地下空間にも、立地条件により、利用しやすい空間としにくい空間があり、また、地上とのアクセスと考えた場合、斜路でアクセスを要する鉄道、道路は、道路、河川といった線状の公共空間を利用さざるを得ず、これらの施設の付近の地下空間をどのようにゾーニングしていくのかということが問題となる。したがって、第二としては、平面的なゾーニングの考え方を明確にすることが重要である。

垂直的な交差のルールも、平面的なゾーニングの考え方もある意味においては、空間の整序を求めている点では共通しており、空間整序をいかに図っていくのかということが重要であるといえる。



十分な離隔をとれば将来の施設の配置が可能

図 4.8 大深度地下空間の平面特性



交差のルールがなければ将来の施設の配置が不可能

交差のルールにより将来の施設の配置が可能

図 4.9 大深度地下空間の垂直特性

4.5.3 垂直交差のルールの考え方

交差の考え方については、空間の整序から、例えば、環状方向と放射方向、東西方向と南北方向のように交差のルールを定める考え方と、各事業の特性から、例えば有人施設と無人施設とのように交差のルールを定める考え方がある。

(1) 空間整序からの交差のルールの考え方

どこで交差を行うべきかについて、大深度地下使用制度では平面的にはどこでも利用が可能であることから、交差がどこで発生するかをあらかじめ考えておくことはできないが、交差を避けるべき空間、言い換えれば、輻輳した利用を避けるべき空間については、ある程度設定することは可能である。

① リザーブ空間の設定

大深度地下利用に当たっての最大の難点は、地上とのアクセス空間をどのように確保するかと言うことであり、アクセス空間として利用される空間の付近の大深度地下空間では、利用の輻輳化をできるだけ避け、将来の施設の立地の可能性を大きく残しておく必要がある。この意味において、アクセス空間として利用が見込まれる道路、河川、公園等の公共用地地下の大深度地下空間は輻輳化を避けるため、施設の縦断的利用を避けるべきリザーブ空間といえる。

特に、道路事業、鉄道事業は、地上、浅深度との接続部が大規模な施設となるとともに、このため、線状の用地を相当距離にわたり縦断的に利用せざるを得ないことから、これらの事業の利用に配慮してリザーブ空間について横断的な利用を行うとしても、縦断的な利用を極力行わないようにすることが重要といえる。

これを図示すると図 4.10 の通りであり、幹線道路等の地下はリザーブ空間として、交差や縦断的については慎重に行い、これ以外の空間を活用して、施設の交差を行うべきといえる。

このようなリザーブ空間である道路、河川等の公共施設の地下を座標軸としてとらえると施設配置が考えやすくなる。

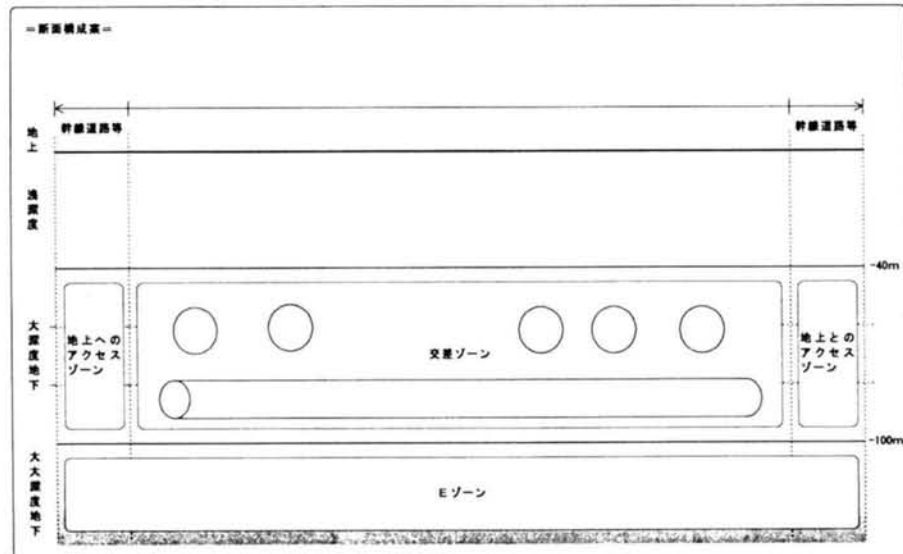


図 4.10 リザーブ空間と交差空間のイメージ

東京では、図 4.11 に示すように座標軸は放射・環状型の方向性を、また、大阪は格子型の方向性をもつといえる。



図 4.11 東京における座標軸のイメージ

②空間整序による空間配置の考え方

交差ゾーンについては、ある程度同じ方向性をもって整備される施設同士をグループとして、グループ毎に利用する深度を決めておけば、空間としての整序が保たれる。

東京では、道路ネットワークは環状・放射の組み合わせで、これらの地下を利用して様々な施設が設置されていることから、地下施設も環状指向を持つもの、放射指向を持つものに分かれている。

環状指向を持つものとして、環状6号線（山の手通り）の地下の首都高速中央環状線及び地下鉄大江戸線、環状7号線の地下の環7地下河川、環状8号線の地下の環8地下河川がそれぞれ、土被り40m～60m程度の深度で、地下の城壁のように整備されている。

さらに、この環状道路を利用して、地下鉄メトロエイト線など様々な事業の計画が検討されているが、さらに 60m 以深に環状方向に施設が設置されると、今後、整備が予定されているリニア中央新幹線等放射方向のものは、これより深い深度に施設を設置せざるを得ないことから、今後、事業化される計画はできるだけ、大深度地下使用制度を活用して、現在整備されている地下施設と同一の深度に平面的に分散させ、これ以上、地下の環状方向の城壁が高くなるのを防ぎ、放射方向の施設の深度が深くならないようにすることが、様々な事業を円滑に実施するためには重要である。

このように空間整序の面から、施設間の空間配置の調整を行い、秩序ある大深度地下利用を行うことが考えられる。

しかしながら、深くなる側の施設には、コスト面、利便性等様々な面で問題が生じることが想定され、どのように空間整序を行うかは、それぞれの地域の現状を踏まえ、慎重に判断する必要があるとともに、これに関して事業者間でコンセンサスを形成しておくことが重要である。

(2) 施設の特性による空間配置の考え方

一方、施設特性によっても、例えば、有人施設と無人施設、急勾配に対する対応のしやすさ等線形の自由度、垂直移動に対するエネルギーの消費（移動が重力に制約されるかどうか）等を判断基準に、交差における施設配置の上下を定めることができる。

各事業の特性を整理すると表 4.9 のようになり、それぞれの施設によっても、縦断勾配、平面線形等の制約条件の考え方が異なっている。

施設間の配置について、各事業者に対してヒヤリングを行った結果からは、全ての事業者が、浅い空間の利用が望ましいとしつつも、一般的には表 4.10 のとおりの特性が整理ができる。

これより、不特定多数の人間が利用し、しかも、無理な線形がとれない道路、鉄道といった施設は、浅い空間を利用すべきといえ、一方、その他のライフライン施設については、深くても事業に対し致命的な影響があるとはいえないことから、空間全体の利用を鑑みれば鉄道、道路といった施設を優先に考えるべきといえる。また、流体を取り扱う事業は、維持管理も含め、勾配などの設定は慎重に行うべきと言える。

特に、管路内を充填して、有人による維持、管理を行わないガス、水道等の施設については、施工上の問題はあるが、いったん施設を設置してしまえば、深度は関係ないといえ、設置の自由度が高い。

従来、人による維持・管理が必要とされてきた通信事業や電気事業においても、施設を充填して埋設する事例が出てきており、メンテナンスフリー化の傾向にあるといえ、より設置の自由度が高くなってきていることから、大深度地下において配置を考えやすくなる傾向にあるといえる。

表 4.9 各施設における空間配置上の特性

	有人・無人	口径(m)	曲率	勾配	重力の影響
通信事業	×維持・管理のみ	2.2～3.0	×20D(Dケーブル径)	×0～0.2%	×なし
鉄道事業	○不特定多数が利用	単:5.0～7.0 複:8.5～10	○R=400m	○35/1000	○あり
電気事業	×維持管理のみ	3.0～4.0	×※	×※	×なし
ガス事業	×無人	2.0～3.0	×※	×※	×なし(圧力差)
水道事業	×無人	1.0～3.0	×※	×0.2%以上	×なし(圧力差)
下水道事業	×維持・管理のみ			×	×自然流下
河川事業	×維持・管理のみ			×	×自然流下
道路事業	○不特定多数が利用		○R=150m	○8%以下	○あり

※は施工（シールド掘削）における限界を曲率、勾配の限界として回答したもの。空欄は回答のないもの

○は浅くすべき要素、×は深くてもよい要素

資料：各事業所間省庁からのヒヤリングによる

表 4.10 施設特性による空間配置の考え方

項目	考え方	事業者からの意見
有人・無人施設	不特定多数が利用する有人施設は、無人施設・点検時に入坑する施設より上に配置すべきである	不特定多数が常時出入りする鉄道・道路については、地上へのアクセスに対して安全性・快適性・迅速性を考慮すべき アクセスのためには、道路等の公共用地地下を利用せざるを得ず、この空間を確保しておく必要がある。したがって、公共用地地下では交差・縦断の利用は避けるべき
移動に対する重力の作用	移動に重力が作用し、多大なエネルギーを必要とする施設を上配置すべきである	移動に重力が作用する施設については、エネルギー効率、利便性を考慮して浅い位置に配置すべき 自然流下方式の水路は、地上あるいは浅深度への連絡にポンプアップが必要となる
地上とのアクセス構造	アクセスに対して構造上の制約を受ける施設は、アクセスしやすい空間に配置すべきである	鉄道の駅舎部は不特定多数の乗客を運ぶための昇降設備が必要となるため、浅い位置に配置するのが望ましい アクセス構造が斜路構造のもの（道路等）は、その距離が長大化するため浅い位置にすべき 既存道路下の管路網連絡が必要な下水道等はなるべく近くに配置するのが望ましい
線形の自由度	線形に対する自由度が比較的大きな施設は線形（平面、縦断）に融通を利かす必要がある	自然流下方式の水路は平面線形より縦断線形に制限を受ける 圧力管方式は自然流下方式に比べて線形の自由度は大きいと言えるが、空気抜き（凸部）、排水部（凹部）を考えると直線が望ましい
常時の維持管理及び非常時対策	有人施設は、人間活動の維持管理、非常時対策に多大な労力及び設備を必要とすることから、地上とアクセスしやすい空間に配置すべきである	有人施設は換気等の人間活動に対する維持管理設備がライフライン系の施設に比べて重装備化するとともに管理頻度も高くなる 有人施設は安全区画や避難路として2方向通路が必要となるなど、空間的な制約も受ける

資料：各事業所間省庁からのヒヤリングをもとに作成

(3) 空間配置を考える上での空間整序と施設の特性の優先度

空間整序による空間配置論と施設特性による空間配置論のどちらを優先させて考えるべきかについては、今後、どの程度の大深度地下の利用が予定され、それぞれの施設の方角、指向性はどうか、また、現在における大深度地下に相当する施設の整備状況を勘案して検討すべきである。

大深度地下の利用が将来多数見込める場合には、環状・放射、東西・南北といった配置をあらかじめ決めておく空間整序による空間配置論が優先すべきであり、逆に、将来的にも2～3事業程度しか見込めない場合には、交差する箇所はそもそも少ないため、施設特性による空間配置を優先させ、それぞれの事業がコスト面等でも最適となるようにすべきといえる。ただし、この場合も、いったん上下を決めた後は、これを前例に空間の整序を図るべきである。

それぞれの都市において、どの程度のニーズがあるのかを明確にするのは困難であるが、三大都市圏の中でも、既に大深度地下相当深度の事業が数多く行われ、今後も多数の事業が検討されている東京や大阪では、空間の整序を優先させるべきであり、現在、深い地下利用もあまり見られず、具体の事業の見込みも乏しい名古屋では、当面施設の特性によるべきといえる。

また、環状・放射、東西・南北といった方向性で施設の上下を決める場合について、既存の施設の深度によりある程度空間整序が決まる場合もあるが、そのグループの施設の特性を判断して、有人施設が多いものは浅いところへ等と決める場合もある。

いずれにせよ、どのような地下利用を図っていくのかは、大深度地下法の第7条により各地域毎に設置されるの大深度地下使用協議会において、各地域毎に議論され、決められるべきものである。

(4) ゾーニング

大深度地下使用制度において、ゾーニングが必要かどうかについては、地表ほど様々な施設が立地する状況は考えにくいことから、都市計画制度のような都市全体を網羅するゾーニングまでは必要ないと考えられる。

しかしながら、道路、河川等のリザーブすべき空間である公共用地地下をうまく利用していくためには、これらの空間を利用せざるを得ない施設の立地に配慮する必要があることから、これらの空間を座標軸としてゾーニングを考えるべきといえる。

ある勾配をもってアクセスせざるを得ない道路、鉄道などの交通インフラに加え、浅い道路地下を利用して埋設されている施設と一体となって機能する下水道については、座標軸との関連が深いといえ、座標軸の周辺を利用する可能性が高い。

一方、電力、ガス、通信等の幹線は、変電所等の拠点間を結ぶもので、その間の分岐はさほど多くなく、立地の自由度が高いといえる。

したがって、大深度地下利用におけるゾーニングは、道路、河川等の公共施設の地下を座標軸として、その縦断的な利用は最小限にとどめるようにし、かつ、図 4.12 に示すように座標軸を中心とし、座標軸との結びつきが強い事業を近くに設置していくようなゾーニングを採用すべきといえる。

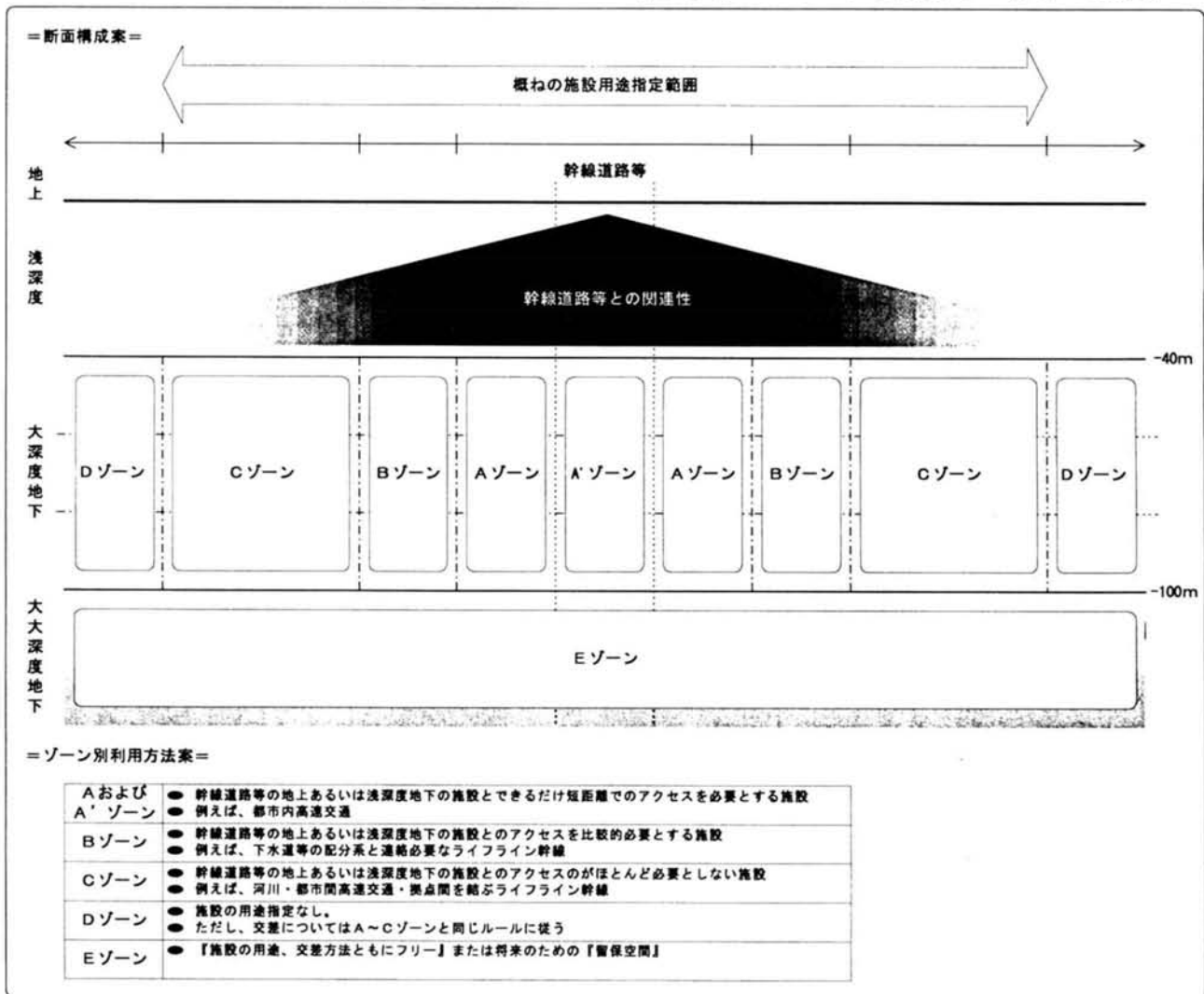


図 4.12 道路、河川等の座標軸を中心としたゾーニングの考え方

幹線道路の地下であれば、これを軸に都市内交通インフラ系（道路、鉄道等）→下水道→都市間交通インフラ系、ライフライン系の順にゾーニングすることが考えられる。河川の地下であれば、河川の立地にもよるが、地下河川、交通インフラ系が順位が高いと考えられる。

このようなゾーニングは、将来どのような施設の立地を考えるのかによって異なることから、その都市にとってどのような施設が将来必要なのかを議論した上で、決めるべきといえる。

4.5.4 利用が輻輳した場合の大深度地下利用のあり方のまとめ

利用が輻輳した場合における大深度地下利用のあり方について、東京などの大都市を対象に留意事項をまとめると図 4.13 のとおりとなる。

まず、考え方としては大きく、垂直交差のルールに関する問題と平面的な利用調整に関する問題に分かれる。

このうち、垂直的な交差のルールについては、施設整備の方向性（環状・放射、東西・南北）毎に大まかな施設の深度を設定（空間整序の確保）し、類似の方向性を持つ施設の深度をそろえる空間整序による調整と施設特性（有人・無人、線形の自由度等）による調整があるといえる。どちらをどの場合に用いるかは、ケースバイケースといえるが、利用が輻輳している又は輻輳しそうな区域においては、空間整序を定めておく必要があるといえる。

平面的な利用調整については、アクセス空間を将来的に確保するために、公共用地の地下はリザーブ空間として設定し、リザーブ空間（幹線道路、河川）については、横断的な利用は行うが、縦断的な利用はなるべく避け、将来の施設のアクセス空間として確保を図るとともに、この空間を軸に、施設特性を踏まえたゾーニングを行うことが考えられる。

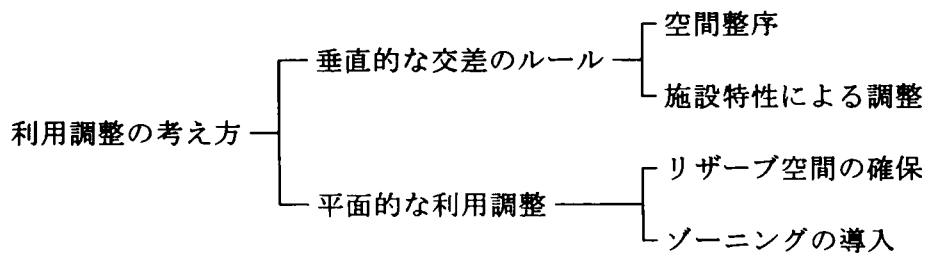


図 4.13 利用調整の考え方

早いもの勝ち、虫食いの利用を避けるためには、各地域毎に、これらの事項について、各事業者のコンセンサスを図りつつ、決めていくことが重要である。

4.6 事業の共同化

大深度地下の利用に際しては、施設間の配置を考えることも重要であるが、近接する地下で行われる他の事業と共同化を図ることにより、効率的な空間利用を図ることも重要である。

一方、共同化については、運用面において様々な課題があるとともに、共同化により大きな断面のトンネルを構築することが果たして、垂直方向には限られた空間の利用方策として適切かどうかという問題もある。

また、近年、自由化の影響もあり、事業のコストに対する意識が非常に高くなっており、共同化がコスト的に見合うものかが、共同化を推進する上では重要である。

ここでは、どのような場合に、どのような方法で共同化を行うか検討するとともに、共同化の原則について考えた。

4.6.1 大深度地下利用における共同化の必要性和問題点

大深度地下は、公共・公益施設整備のために残された貴重な空間といえ、また、大深度地下の特性として、いったん施設を設置した空間は再利用不可能であることから、将来の事業の実施の可能性も残しつつ事業を実施する必要がある。

このように大深度地下は、効率的な利用が地表などの空間と比べてより強く求められる空間といえ、事業の実施に当たっては、共同化を図り、空間の節約を図ることが望ましい。

特に、各事業は、全ての断面を有効利用しているわけではなく、余裕空間（デッドスペース）とならざるを得ない空間があり、このような空間の有効活用を図ることは地下空間の効率的利用の面、経済的な事業の実施の面からは重要である。

なお、大深度地下使用制度は民有地下を利用する事業であることから、事業に対して十分な理解を得ることが重要であり、個々の事業の公益性は当然のことであるが、共同化することによって、事業の必要性についてさらに理解を得やすくなる（アカウンタビリティの向上）、仮設用地の縮小、工事施設の共同化による周辺環境への負荷の軽減という側面もある。

一方、共同化する場合には、それぞれの事業のタイミングずれ、事業費の配分方法、管理方法等について、単独で事業を実施する場合に比べ様々な調整すべき課題があるといえる。

特に、事業者のヒヤリングからは、コストメリットが 10%程度としても、2～3年以上の先行投資となるのであれば、その間の金利負担等を考えれば、最終的にコストデメリットとなる可能性が大きいとの回答もあり、事業のタイミングについては、共同化を行うに当たって大きな問題といえる。

さらに、大深度地下といえども利用可能な深度は限られており、図 4.14 に示すように大規模な施設を設置して垂直方向に地下の大きな城壁となる施設を設置するよりは、小さな施設を平面方向に分散させて多数設置する方が望ましいと考えることもできる。以上をまとめると表 4.11 の通りである。

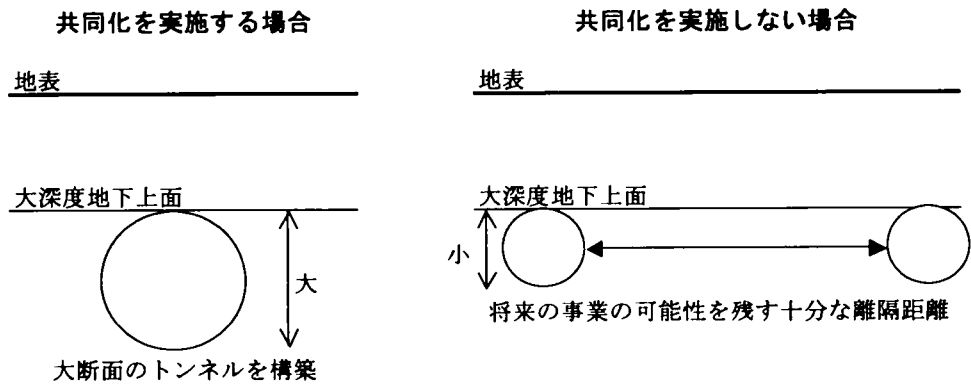


図 4.14 共同化により大規模な施設を設置する場合と共同化しない場合の比較

表 4.11 大深度地下における共同化の必要性和問題点	
共同化の必要性	
大深度地下空間の特性（不可逆性、貴重性）	
余裕空間（デッドスペース）の有効利用	
コストの削減効果	
アカウンタビリティの向上	
環境負荷の軽減	
共同化の問題点	
事業調整の困難さ（費用負担、維持管理の問題等）	
事業のタイミング（先行投資に対する負担の問題等）	
大深度地下空間の特性（垂直的に大規模なものを作ることのデメリット）	

4.6.2 共同化の現状

現在の共同化の方策としては、道路の掘り返し防止などを目的に道路管理者が調整を行い設置する共同溝によるパターンと各事業者同士が独自に調整を行い共同して施工するパターンに分かれる。

通常、単独で施設を設置する場合や共同溝による場合が多いが、事業者間の話し合いによる共同化の事例も少なからずあり、例えば、表 4.12 に示す通り、東京電力においては、事業者間の調整による併設洞道の延長は、全体の約 7 % となっている。

表 4.12 東京電力における基幹系洞道の内訳

種別	延長(km)	割合(%)
単独洞道	296	68
共同溝	110	25
併設洞道	32	7
完成洞道延長	438	100

資料：東京電力

このような共同化は、ある特定の事業間のみに見られるものではなく、様々な事業間で実施されている。東京電力では、下水、NTT、ガス、営団地下鉄、高速道路、水道と共同化した事例がある。主な事例を表 4.13 に示す。

表 4.13 共同化した過去の主な事例

共同化の事業項目	鉄道と河川（導水管）	電気と通信	通信とガス	電気と上水道	鉄道と道路	共同溝
事業者名	埼玉高速鉄道 建設省関東地方建設局	東京電力 NTT	NTT 東京ガス	関西電力 大阪市水道局	東京都交通局 首都高速道路公団	（対象事業） 通信、電気、ガス、 水道、工業用水道、 下水道
場所	埼玉県川口市～浦和市	東京都大田区 他多数	横浜市東神奈川～ 小机	大阪市北区～淀川 区	東京都新宿区～中 野区	道路地下
事業年度	平成 5 年～平成 13 年予定（共同部分）	昭和 61 年～平成 5 年	平成 8 年～平成 9 年（ｼｰﾙﾄﾞのみ）	平成 9 年～平成 15 年予定	昭和 61 年～平成 9 年（駅部共同化）	昭和 38 年～
トンネルの延長距離、ｼｰﾙﾄﾞ径等	距離約 12km 鉄道ｼｰﾙﾄﾞ径 9.7m 導水管径 1.2m	距離 1.9km ｼｰﾙﾄﾞ径 4.5m	距離 2.9km ｼｰﾙﾄﾞ径 4.1m	距離約 1km ｼｰﾙﾄﾞ径 7.8m	駅部	――
事業費の配分方法	分離費用身替り妥当支出法（多目的ダム方式）	必要内空容積比又は占有内空断面比	占有内空断面比	占有内空断面比	断面図の財産区分比	共同溝で節減される費用から算定される推定投資額
施設所有の形態（財産区分）	・区分地上権の取得は鉄道のみ ・鉄道が河川に空間使用を認める形 ・導水管及び付属設備は建設省 ・鉄道施設は埼玉高速鉄道が所有	・隔壁で部屋を仕切る場合、隔壁の中心線 ・立金物の背面利用の場合、立金物背面の線	・隔壁の中心線	・水道管を埋設するコンクリート上面	・道路と鉄道とに分けている隔壁（コンクリート）の中心線	・道路管理者の所有
維持管理等の形態	・財産区分に従う	・財産区分に従う	・内部施設を建設中であり検討中	・財産区分に従う	・財産区分に従う	・建設時における推定投資額の割合により負担
その他		財産区分については NTT ケーブルの断面積の減少により、最近では占有内空断面比で行われている。				国、地方公共団体による建設費の負担又は補助がある。

なお、現在共同溝と呼んでいるものは、あくまでも道路の掘り返し防止のための掘削制限とセットとなって実施されるもので、法律によりその設置者（道路管理者）、設置位置（道路）が限定されて

いる。一方、大深度地下使用制度を活用した事業の共同化は、民有地地下を利用して行うもので、現在の制度による共同溝とは全く異質なものである。

現在の共同溝については、共同溝制度の制約上道路地下に整備が限られており、大深度地下使用制度の活用は考えられないことから、共同化については、あくまでも事業者間でどのように調整、共同化を行うか考え、共同溝と共同化は明確に違う用語として使い分ける。

(1) 共同化における事業者間の調整の現状

共同化に関する事業者からのヒヤリングからは、共同化の方法について明確なルールは定まっていないが、個別の事業者間あるいは建設省と公益事業者間で共同化に関する協定書を締結しており、これに記されている基本的な考え方に基づいて必要な協議を行っている。例として通信事業者が締結している主な協定書を表 4.14 に示す。

表 4.14 通信事業者が締結している主な協定書

協定事業者	協定名
通信,電力	共同工事の受委託に関する協定書
通信,水道,下水道,電力,ガス	共同施工工事における受委託に関する基本協定書（五者協定）
建設省,通信,水道,下水道,電力,ガス	共同溝工事と同時施工する分岐とう道工事の受委託に関する基本協定書
通信,水道,下水道,電力,ガス	共同溝工事と同時施工する分岐とう道工事の受委託に関する企業者間基本協定書
建設省、通信	キャブシステム建設負担金等に関する基本協定書
建設省、通信	橋の新設又は改築に際し、公衆電気通信線路を添架する場合の費用負担に関する覚書

これらの協定は、「共同工事とすることによって全体工事費の経済化を図るように設計、施工を行うことを前提に協議するとともに、これにより生じるメリット・デメリットは公平に負担し合うとの共益理念に基づき、当事者間で費用の負担方法を定める（過去の実施事例から費用負担の考え方を例示）。ただし、構築物、工法、その他の諸条件が例示した方法と著しく異なり、負担の公平が保たれない場合は実態に即したより合理的な負担方法を定めることができるものとする。」ことを原則として、共同化の内容に応じて例示された種々の負担方法の中から両者が納得するものを双方協議によって決定しており、一律に費用の負担方法、維持管理方法等を定めたものではない。

企業間の共同化については、実態としては、他の企業の整備計画の情報収集結果を基に、必要の都度、併設の可能性（ルート、工事実施期間、経済性等）を検討して調整を行っている。

特定の企業間では、定期的に調整を行う会議を設置している例もあるが、情報の収集は企業の人脈、努力によっているといえる。また、事業の時期・ルートが同じものについて、道路管理者等からの要請により共同化を行う例もある。

調整の結果、共同化を行うことが決定すると、表 4.14 に示すような基本的な協定はあるものの、企業者間同士で、新たに調整を行い、個別の事業毎に新たに協定を締結している。

(2) 事業費の負担方法、維持管理の現状

事業費の負担方法について、現在までの事例においてどのような手法が採用されたことがあるのか、各事業所管省庁、各事業者にヒヤリングを行った。結果をもとに事例を整理すると表 4.15 の通りである。なお、各方式名は、今回新たに名付けたものである。

表 4.15 過去の事例における主な費用負担、財産区分、維持管理の考え方

方式名	費用負担の考え方	管理・財産区分の考え方
①必要内空容積比率（管理通路）方式	<ul style="list-style-type: none"> ・同一断面内に複数事業の物件が設置され、隔壁によって仕切られる場合に適用 ・管理用通路があり、管理用通路も含め各事業の必要とする内空面積（＝必要内空容積。デッドスペースは含めない）の比率により負担する方法 ・デッドスペースは双方で負担するという考え方 	<ul style="list-style-type: none"> ・隔壁を設け中心線で区分し単独財産として所有する場合と1事業者が一体的に所有し、その他の事業者が附帯施設として施設を設置する場合 ・隔壁により管理区分を分けて、それぞれ自主管理
②必要内空容積比率（埋設管路）方式 共有空間按分方式	<ul style="list-style-type: none"> ・管路（下水、水道、ガス）の共同化の場合に多い事例。充填する場合も隔壁がある場合が多い。 ・管路断面積の比率により負担する方法 ・デッドスペースは事業規模に応じ双方で負担するという考え方 	<ul style="list-style-type: none"> ・隔壁中心線で財産を分け、それぞれを単独財産として所有 ・隔壁により管理区分を設けて、それぞれを自主管理
③占有内空容積比率方式	<ul style="list-style-type: none"> ・同一断面内に複数事業の物件が設置され、隔壁によって仕切られる場合に適用 ・各事業の必要内空容積にデッドスペースを加えた容積の比率により負担する方法 ・デッドスペースは各々の事業が負担するという考え方 	<ul style="list-style-type: none"> ・隔壁を設け中心線で区分し単独財産として所有する場合と1事業者が一体的に所有しその他の事業者が附帯施設として施設を設置する場合 ・隔壁により管理区分を分けて、それぞれ自主管理
④単独施工費上限方式（CAB方式）	<ul style="list-style-type: none"> ・各事業が単独で実施した場合の工事費の割合により負担する方法、負担の上限は単独で実施した場合の事業費 ・建設省 CAB システムで採用されている方法 	<ul style="list-style-type: none"> ・隔壁中心線で財産を分け、それぞれを単独財産として所有 ・隔壁により管理区分を設けて、それぞれを自主管理
⑤推定投資額方式（共同溝方式）	<ul style="list-style-type: none"> ・推定投資額（単独で実施した場合の工事費－共同溝主要によって新たに必要となる費用（新規経費）＋75年間の占用料＋建設省事務費）を建設時に複利計算により還元した額を負担する方法 ・共同溝で採用されている方法 	<ul style="list-style-type: none"> ・構造物は道路管理者の財産として管理、各施設は附帯施設として設置 ・各事業者は各自の設置物のみ管理責任
⑥分離費用身替り妥当支出方式	<ul style="list-style-type: none"> ・単独で実施した場合の事業費を合計し、これと全事業費との差額分（メリット分）を折半して差し引いて負担する方法 ・多目的ダムで利用されている方法、事業規模に大きな差がある場合に事例有り 	<ul style="list-style-type: none"> ・規模の大きい事業者の財産として所有、その他事業者は附帯施設として施設を設置、その施設のみの管理責任
⑦全体事業費折半支出方法	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者の数で頭割りする方法 ・内部施設の設置のための作業スペースなどの観点から折半とする考え方 	<ul style="list-style-type: none"> ・隔壁を設け中心線で区分し単独財産として所有する場合と1事業者が一体的に所有しその他の事業者が附帯施設として施設を設置する場合 ・隔壁により管理区分を分けて、それぞれ自主管理
⑧リース方式	<ul style="list-style-type: none"> ・空間を開放して利用料をとる方法 ・光ファイバなど小断面のものを対象に例がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・設置する施設のみを管理

これをそれぞれの特性毎に括ると図 4.15 の通りである。大きくは、容積比に着目して按分を行う方法と、事業費に着目して按分を行う方法に分かれる。事例からは、容積比に着目して按分を行う方法を採用している事業が多かった。

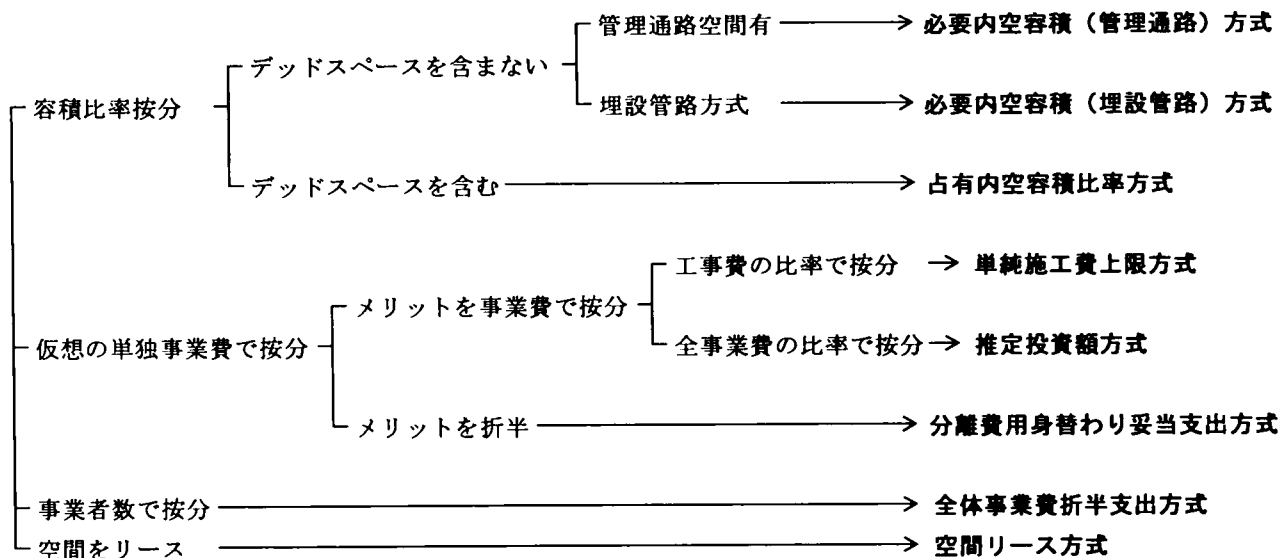


図 4.15 費用の負担方法の体系

①の必要内空容積比率方式（管理通路方式）は、互いに管理用通路が必要である電力事業者、通信事業者等が共同化する場合に多く用いられる方法であり、管理用通路容積も含め、各事業で必要とする断面積（デッドスペース部分は除く）で按分する方法である。

この場合、トンネル本体としては一体であるにもかかわらず、財産区分としては、隔壁中心線で財産を分けてそれぞれ単独で所有する形態をとっている例が多く、本体に支障を及ぼすような補修については、協定において別途、費用負担などのルールを定めている。通常の維持管理については、財産区分により自主管理となっている。

一方、道路トンネルのように、トンネル本体は道路管理施設として、道路管理者の財産として一体的に所有、維持管理を行い、その他事業者は、通常の道路地下の占用と同様に、附帯施設として施設を設置し、それぞれの施設のみの維持管理を行う場合もある。表 4.16 及び図 4.16 に必要内空容積比率（管理通路方式）方式を採用している主な事例を示す。

表 4.16 必要内空容積比率（管理通路方式）方式を採用している主な事例

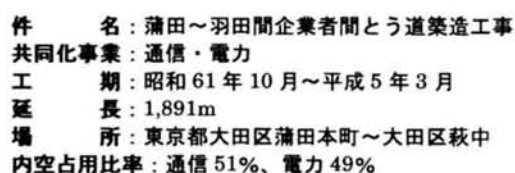
組み合わせ	事業名	位置	工期	延長 (m)	内径 (m)	占有比	事業費 (億円)	コスト削減効果(億円)
電力・通信	蒲田～羽田とう道	東京都	61-H5	1891	4.55	49:51	26.5	-6(通)
電力・通信	横浜港～本牧とう道	横浜市	H4-10	2200	3.85	48:52	97	-11(通)
電力・通信	西島 SS 引出管路	大阪市	H4-7	900	4.8	71:29	65	
電・通・水・下・ガ	夢洲舞洲共同管路	大阪市	H10-13	547	5.7	22:11:25:26:15	60	
道・電・ガス	多摩川トンネル	東京,川崎	63-H7	1644	37 x 7	90:6:4		

注：占有比は、組み合わせ欄の事業の順番に容積比を列挙

コスト削減効果は（ ）内の事業者が単独で実施した場合に対するコストの削減効果を示す。

空欄はデータが不明なもの

資料：各事業所管省庁、各事業者からのヒヤリングにより作成



件名：夢洲舞洲共同シールド管路新設工事
共同化事業：電力・通信・水道・下水・ガス
工期：平成10年8月～平成13年9月
延長：547m
場所：大阪市此花区北港白津1丁目先～
 同市此花区夢洲（北港南地区）地先
内空占有率：電力 22%、水道 25%、下水 26%、
 通信 11%、ガス 15%

件 名：横浜港～本牧企業者間併設とう道
 共同化事業：通信・電力
 工 期：平成4年3月～平成10年10月
 延 長：2,200m・543m
 場 所：横浜市中区山下町～同市中区新山下町
 内空占有率：通信52%、電力48%

Technical drawing of the rear view of a vehicle chassis. The drawing shows two main rectangular sections labeled "道路" (Road). Dimensions are indicated by arrows and numbers: a vertical dimension of 7200 on the left, a horizontal dimension of 31800 between the centers of the two "道路" sections, and a horizontal dimension of 37400 from the left edge to the right edge of the second "道路" section. On the right side, there are two circular components labeled "E" and "G", with a vertical dimension of 2500 between them. Above the "E" component is a dimension of 2700 labeled "電気力" (Electric Power). To the right of the "G" component is a dimension of 2300 labeled "電気ガス" (Electric Gas).

件名：多摩川トンネル内ガス導管設置工事
 共同化事業：ガス・道路・電力
 工期：昭和63年4月～平成7年3月
 延長：1,644m
 場所：東京都大田区羽田～神奈川県川崎市浮島
 内空占有率：ガス4%、電気6%、道路90%

沈埋トンネル断面を利用して共同化を実施

②の必要内空容積比率（埋設管方式）方式は、下水道、水道、ガス管など、管路内を液体、気体が流れる事業の場合に多く見られる方式であり、大きな管路を設置するものが多くを負担するように、それぞれの管路の断面積の比で事業費を按分するものである。

- 116 -

この場合、充填する空間を共有空間として、按分していると考えると、共有空間を事業規模に応じて按分している方式である共有空間按分方式と理解できる。

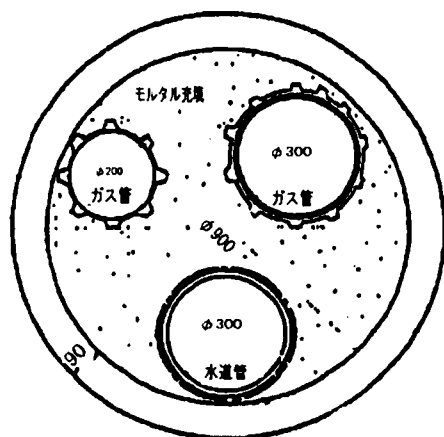
各事業の空間の境に隔壁を設ける場合、設けない場合があり、隔壁を設ける場合には、それぞれ、財産区分としては、隔壁中心線で財産を分けてそれぞれ単独で所有する形態をとり、本体に支障を及ぼすような補修については、協定において別途、費用負担などのルールを定めている例がほとんどであり、一方、隔壁を設けない場合は、共有財産として、共有部分を共同管理として協定により処理している場合がほとんどである。表 4.17 及び図 4.17 に必要内空容積比率（埋設管方式）方式を採用している主な事例を示す。

表 4.17 必要内空容積比率（埋設管方式）方式を採用している主な事例

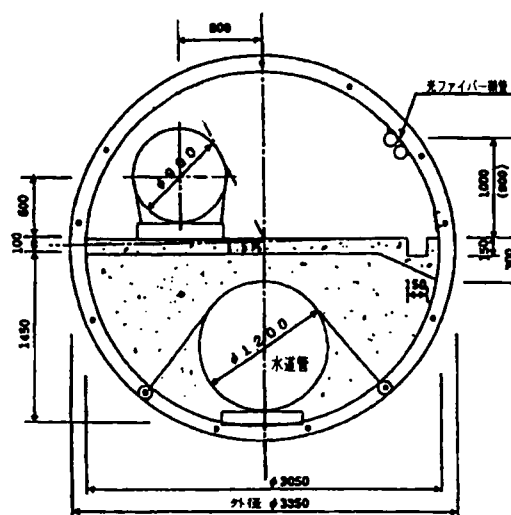
組み合わせ	事業名	位置	工期	延長 (m)	内径 (m)	占有比	事業費 (億円)
水道・ガス	中野島配水管	川崎市	62	31	0.9	40:60	0.6
水道・下水	太田和配水幹線(1)	横須賀市	H4-7	2830	3	15.5:8.7	47
水道・下水	太田和配水幹線(2)	横須賀市	H5-8	1317	2.5	23.8:11.9	18.5

注：占有比は、組み合わせ欄の事業の順番に容積比を列挙

資料：各事業所管省庁、各事業者からのヒヤリングにより作成



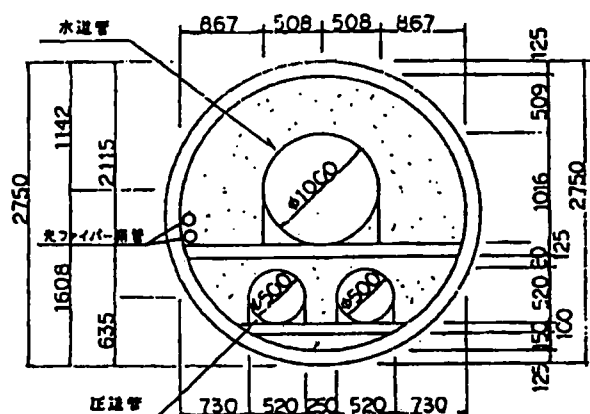
件 名：中野島 300mm 配水管布設工事
共同化事業：水道・ガス
工 期：昭和 62 年 1 月～昭和 62 年 3 月
延 長：31.34m
場 所：川崎市多摩区中野島 1184
内空占有率：水道 41%



件 名：太田和配水幹線築造工事(1)
共同化事業：水道・下水
工 期：平成 4 年～平成 7 年
延 長：2,830m
場 所：神奈川県横須賀市林 1-21～津久井 4-2
内空占有率：15.5% (φ1200・水道管)、
8.7% (φ900・下水道)

両事業ともメンテナンスフリーとしている

水道管はメンテナンスフリー、下水は有人管理



件 名：太田和配水幹線築造工事(2)
 共同化事業：水道・下水
 工 期：平成5年6月～平成8年3月
 延 長：1,317.5m
 場 所：神奈川県横須賀市津久井 4-2～

充填しているが隔壁を設置

図 4.17 必要内空容積比率（充填方式）方式を採用している主な事業の断面例

③の占有内空容積比率は、①、②と異なり、デッドスペースも含めて事業費を按分する方法で、隔壁を設ける場合もあれば、隔壁は設けないが、それぞれの事業の範囲を定めて按分を行う場合もある。

共同化を行った事例の中では、一般的には、③の方法を採用する事例が多い。

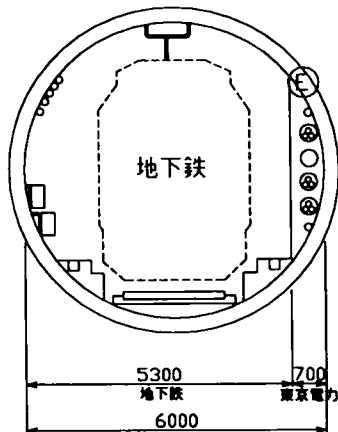
財産区分については、それぞれの事業の境界が明らかになることから、財産区分線で財産を分けてそれぞれ単独で所有する形態をとっている例が多いが、一方、鉄道のように、トンネル本体は鉄道施設として、鉄道事業者の財産として一体的に所有、維持管理を行い、その他事業者は、附帯施設として施設を設置し、それぞれの施設のみの維持管理を行う場合もある。表 4.18 及び図 4.18 に占有内空容積比率方式を採用している主な事例を示す。

表 4.18 占有内空容積比率方式を採用している主な事例

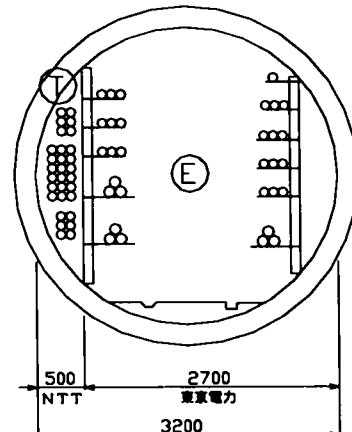
組み合わせ	事業名	位置	工期	延長 (m)	内径 (m)	占有比	事業費 (億円)
鉄道・電気	みなとみらい21線	横浜市	H7-14	1400	6	92:8	
電力・通信	本村町付近管路	新宿区	H6-10	710	3.2	91:9	30
電力・通信	本牧へイブリッジ管路	横浜市	H8-11	703	3.2	89:11	18
電力・水道	学園豊崎間管路	大阪市	H9-15	1000	6.8	60:40	120

注：占有比は、組み合わせ欄の事業の順番に容積比を列挙

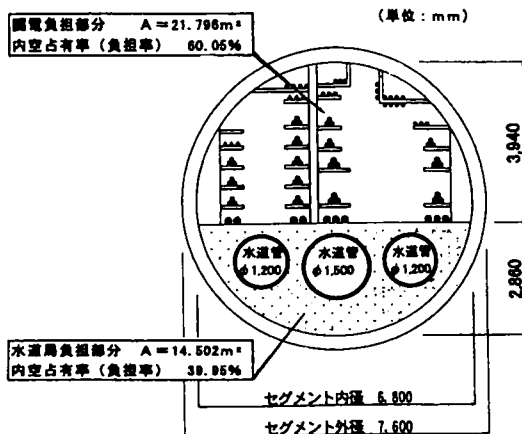
資料：各事業所管省庁、各事業者からのヒヤリングにより作成



件名：みなとみらい2線併設管路新設工事
 共同化事業：鉄道・電気
 工期：平成7年1月～平成14年12月
 延長：1,400m
 場所：横浜市区みなとみらい2丁目地先～
 同市中区本町1丁目地先
 内空占有率：電力8%、鉄道92%
 鉄道の余裕空間を活用

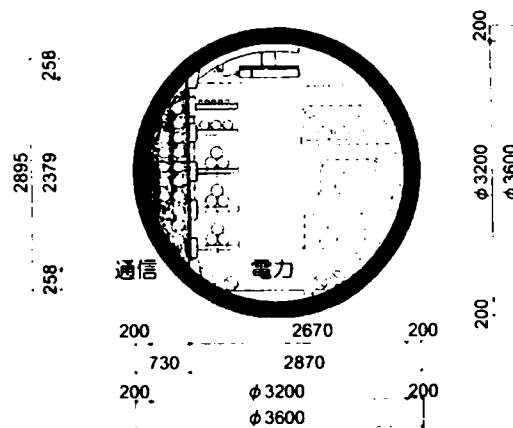


件名：本町付近管路新設工事
 共同化事業：電力・通信
 工期：平成6年10月～平成9年7月
 延長：710m
 場所：東京都新宿区四谷1丁目地先～
 新宿区市ヶ谷本町地先
 内空占有率：電力91%、通信9%
 金物棚背面を有効利用



件名：学園壺崎間管路新設工事（第1工区）（電力）
 中部・西部および堀江幹線1067mm、
 その他配水管改良工事（水道）
 共同化事業：水道・電力
 工期：平成15年2月
 延長：約1km
 場所：大阪市区北中津2丁目～同市淀川区西中島2丁目
 内空占有率：水道40%、電力60%

河川横断部分を共同化



件名：本牧～ベイブリッジ間（電力委託）舗装先行工事
 共同化事業：電力・通信
 工期：平成8年10月～平成11年5月
 延長：703.4m
 場所：横浜市中区本牧ふ頭～同市中区新山下
 内空占有率：通信11%、電力89%

金物棚背面を有効利用

図4.18 占有内空容積比率方式を採用している主な事業の断面例

④単独施工費上限方式は、建設省 CAB システムで採用された方式であり、各事業を単独で実施した場合の工事費をもとに、この工事費の比率により按分する方法であり、かつ、各事業が単独で実施した場合の工事費を負担の上限とする方法である。

施設間の共同化で過去採用された事例は少なく、把握できたのは1例である。表4.19及び図4.19にその概要と断面を示す。

事例においては、財産区分として隔壁中心線で財産を分けてそれぞれ単独で所有する形態をとって

おり、本体に支障を及ぼすような補修については、協定において別途、費用負担などのルールを定めている。

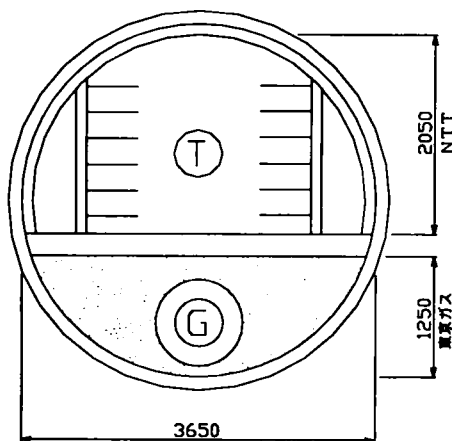
表 4.19 単独施工費上限方式を採用している主な事例

組み合わせ	事業名	位置	工期	延長 (m)	内径 (m)	占有比	事業費 (億円)	コスト削減効果(億円)
通信・ガス	東神奈川-小机洞道	横浜市	H6-12	5871	3.65	63:37	136	-30(通)

注：占有比は、組み合わせ欄の事業の順番に容積比を列挙

コスト削減効果は（ ）内の事業者が単独で実施した場合に対するコストの削減効果を示す。

資料：各事業所管省庁、各事業者からのヒヤリングにより作成



件 名：東神奈川～小机企業者間併設とう道
 共同化事業：通信・ガス
 工 期：平成6年～平成12年
 延 長：5,871m
 場 所：横浜市神奈川区東神奈川～
 同市港北区小机町
 内空占有率：通信 60%、ガス 40%

図 4.19 単独施工費上限方式を採用している主な事業の断面例

⑤の推定投資額方式は、建設省の共同溝整備で採用された方式であり、今後 75 年間に推定される投資額（＝推定投資額）を法定金利で建設時に還元した額を事業者の負担とする方法である。

推定投資額とは事業者が単独で実施した場合の工事費から共同溝収容によって新規に必要な費用（新規必要経費）を差し引いたものに、75 年分の占用料と建設省事務費を加えたものであり、この推定投資額を建設時に還元した額を負担額とするものである。この場合、事業者負担額の合計が全体事業費を下回る場合は、道路管理者が差額を負担する。

この方式は、共同溝で用いられる方法であるが、昭和 50 年代は、100m 以上の河川横断箇所や海面では、共同溝として整備しない方針であったので、共同溝以外の事例としては、このような河川横断を各事業者が行う場合に採用したケースがある。

共同溝本体は道路管理者の財産であり、本体構造物の維持管理は道路管理者が行っている。各事業者は、附帯施設としてそれぞれの施設を設置し、その施設に限り維持管理を行っている。なお、本体の維持管理に必要な費用については、共同溝に参画している事業者の負担金により行っている。

⑥の分離費用身替わり妥当支出方式は、多目的ダムの費用負担を定める場合に用いられる方法で、それぞれの事業を単独で施工した場合の費用を積算し、共同化した場合にそれぞれコストが削減される部分について、アロケーションを行いそのメリットを享受する方法である。その考え方を図 4.20 に示す。

費用の負担対象は、許認可取得費、調査設計費、土木工事費、事務費、消費税相当額であるが、費用負担の割合は、すべての費用について土木工事費のうち施設築造費（請負工事発注費）の割合で按分を行う。

地下利用に際して、過去、採用された事例はほとんどなく、鉄道と河川の共同化で一例がある。

この事例においては、断面比の大半を鉄道が占めることから、トンネル本体は鉄道事業者の財産としており、河川管理者は、その埋設している管路についてのみ維持管理を行うこととなっている。表 4.20 及び図 4.21 にその概要と断面を示す。

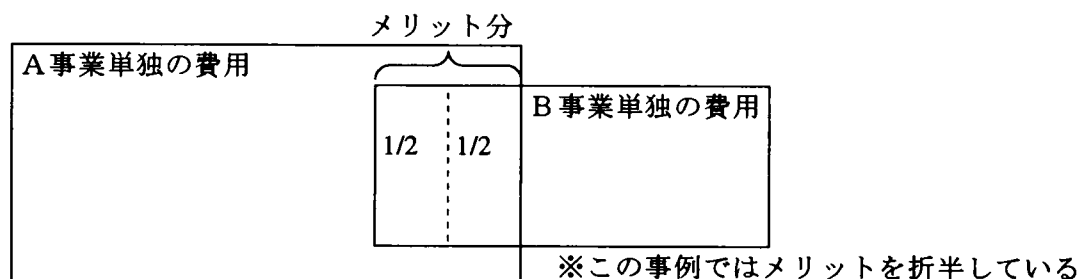


図 4.20 分離費用身替わり妥当支出方式の考え方

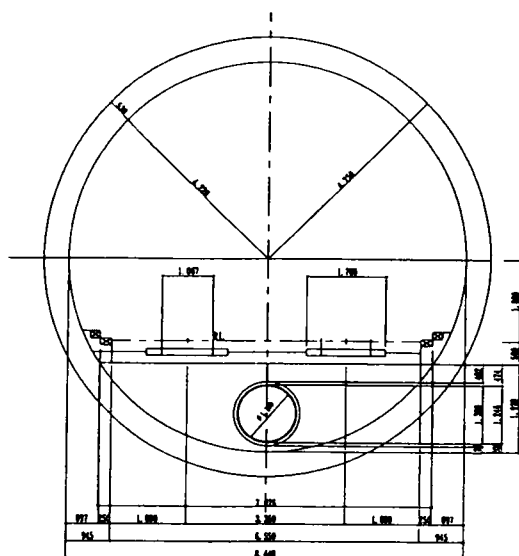
表 4.20 分離費用身替わり妥当支出方式を採用している主な事例

組み合わせ	事業名	位置	工期	延長 km	内径 (m)	事業費割合	事業費 (億円)	コスト削減効果(億円)
鉄道・河川	埼玉高速鉄道	埼玉県	H6-13	11.7	8.44	9:1	1351	-40

注：事業費割合は、組み合わせ欄の事業の順番に容積比を列挙

コスト削減効果は、鉄道、河川の両方の合計額

資料：各事業所管省庁、各事業者からのヒヤリングにより作成



鉄道路盤下を有効利用

図 4.21 分離費用身替わり妥当支出方式を採用している主な事業の断面例

件 名：(埼玉高速鉄道建設工事)
綾瀬川、芝川等浄化導水路工事
共同化事業：鉄道・河川(導水管)
工 期：平成8年～平成12年
延 長：約12km
場 所：埼玉県川口市～浦和市
内容占有率：—

⑦の全体事業費折半支出方法は、事業者の数で事業費を頭割りする方法で、①から⑥に比べて単純でわかりやすいという特徴があるが、事業の規模を適切に反映できないという問題もある。

過去の事例からは、表 4.21 及び図 4.22 に示すとおり、事業規模は異なるが、両事業とも鋼管を敷設するための溶接スペースを考慮する必要があった事例の1例しかなく、一般的とはいえないが、共用空間部分の費用負担を考える場合には、②の事業規模で考える方法に対してわかりやすい方法といえる。

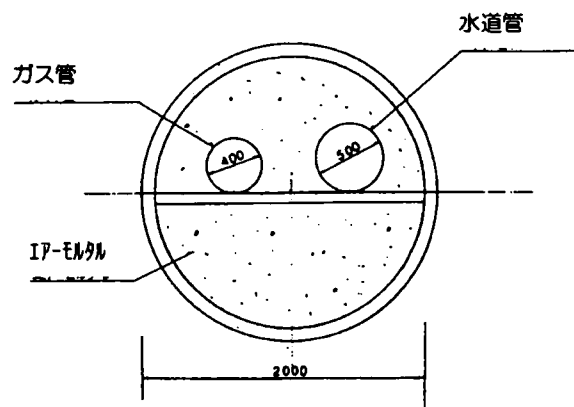
表 4.21 全体事業費折半支出方式を採用している主な事例

組み合わせ	事業名	位置	工期	延長 (m)	内径 (m)	内空占有率	事業費 (億円)
水道・ガス	船越町配水管	横須賀市	59-60	531	2	6.3:4.0	3.6

注：内空占有率は、組み合わせ欄の事業の順番に容積比を列挙

両事業とも鋼管であることから、溶接スペースを考慮して、事業費は等分している。

資料：各事業所管省庁、各事業者からのヒヤリングにより作成



件 名：船越町地区配水管布設工事
 共同化事業：水道・ガス
 工 期：昭和59年5月～昭和60年3月
 延 長：531.4m
 場 所：横須賀市船越町5-15～1-45
 内空占有率：6.3% (φ500・水道管)、

溶接スペースを考慮

図 4.22 全体事業費支出方式を採用している主な事業の断面例

⑧の空間リース方式は、下水道、鉄道トンネルが光ファイバーに対して実施しているもので、年間当たりのリース料をあらかじめ定めておき、施設を設置する事業者から徴収する方式である。余裕断面を利用させる場合などに適した方法といえる。

表 4.22 に使用料の例を示すが、単独でシールドトンネルを設置することに比べれば、かなり安価な使用料設定となっている。

表 4.22 光ファイバーの使用料の例

事業	事業者	ケーブルタイプ	使用料
鉄道事業者	横浜市交通局	100 芯タイプ (16mm)	1100 円/m・年
		500 芯タイプ (25mm)	1500 円/m・年
		1000 芯タイプ (30mm)	2000 円/m・年
下水道事業者	川崎市下水道局	暗渠：φ 700mm 以上 光ファイバー	暗渠：1290 円/m・年 120 円/m・1 芯・年

(3) 工事の施工方法の現状

工事の施工方法については、工事の目的の重要度や工事規模の大きさなどを考慮し、その都度協議を行って決定している。この場合、規模の大きい方が施工を実施し、規模の小さい方が負担金を支払っている場合が多い。また、河川、鉄道の地下の場合は、施工委託を行っている例もある。

4.6.3 大深度地下利用における共同化のパターン

現在までの共同化の事例を踏まえれば、共同化については、大きくその規模、目的から2つのパターンに分けて考えることが適当である。

一つは、表4.23に示している事業のように、ある事業の余裕空間を活用して共同化を行うもので、共同化の有無にかかわらず事業の規模（トンネル規模）は変わらない。例えば、道路の断面の一部を活用して、トンネル径を大きくすることなく様々な施設を配置することがこれに当たる。

表 4.23 余裕空間を活用して共同化を行った事業の例

事業名	主たる事業者	共同事業者	活用した余裕断面	備考
本牧-ベイブリッジ 洞道	東京電力	NTT	金物背面を有効利用	図 4.18
本村町付近洞道	東京電力	NTT	金物背面を有効利用	図 4.18
みなとみらい 21 線	横浜市	東京電力	鉄道側部のの余裕断面を利用	図 4.18
東京湾アクアライン	横断道公団	電、通、ガス	道路床版下の余裕断面を利用	
埼玉高速鉄道	埼玉高速	建設省	鉄道床版下の余裕断面を利用	図 4.21

二つ目は、②事業を共同化することにより事業規模が大きくなる（トンネル径が大きくなる）もので、現在までの共同化の多くがこれにあたる。

①の余裕空間を活用する場合は、主たる事業者は、余裕空間（デッドスペース）をアロケーションすることにより必ずコスト削減が図れるというメリットが生じるが、一方、余裕空間に施設を設置する事業者にとっては、ヒヤリングからは、単独で同内空断面積を持つトンネルを掘削した場合の方が共同化を行うより安価な場合もあり、一概に共同化が有利とはいえないようである。

これは、トンネル断面が大きくなると事業費が大きくなること、また、他事業の仕様に合わせるために単独では不要な床版等の施設を設置するため事業費が高価になることにより、断面比でアロケーションした金額より、単独で小規模なトンネルを掘削した方が安価な場合があることによる。

同様の問題は、事業を共同化してトンネル断面が大きくなる場合にもいえる。

それぞれの特徴を示すと表4.24のようになる。

表 4.24 共同化のパターン

	共同化の方法	コスト削減の特徴	備考
余裕断面(デッドスペース)を活用する共同化	主たる事業者の余裕空間を活用	主たる事業者は必ずコスト削減効果有り、従たる事業者のコスト削減効果はケースバイケース	主たる事業者と従たる事業者が明確
事業規模を大きくする共同化	トンネル径を大きくして多数の事業を収容	ある程度の径までは、コスト削減効果が生じるが、あまり大きくなるとデメリットとなる	どちらが主で従か不明確

4.6.4 各事業における余裕断面と共同化の可能性

各省庁に対し、各事業における余裕断面をヒヤリングした結果を図4.23に示すが、各事業の標準的な断面の検討からは、道路、鉄道に他の事業と共同化できる比較的大きな余裕断面があり、余裕空間を活用した共同化としては、道路、鉄道事業を実施する場合を中心に考えることとなる。

これ以外の事業の場合は、ケースバイケースであるが、通信事業については、光ファイバー化により、ほとんど断面積を必要としないことから、他のあらゆる事業と共同化が可能といえる。

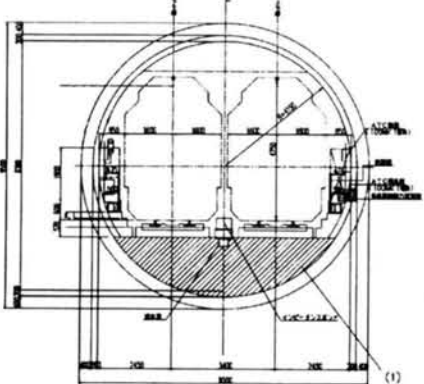
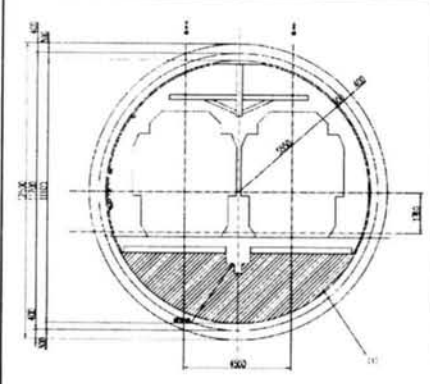
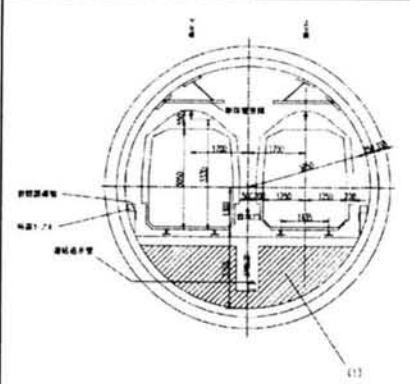
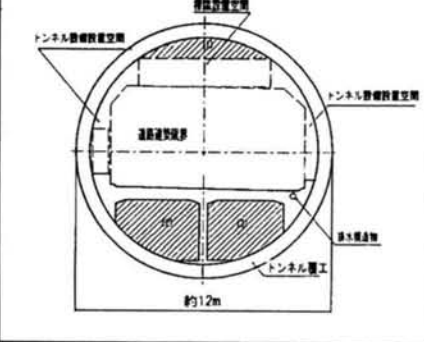
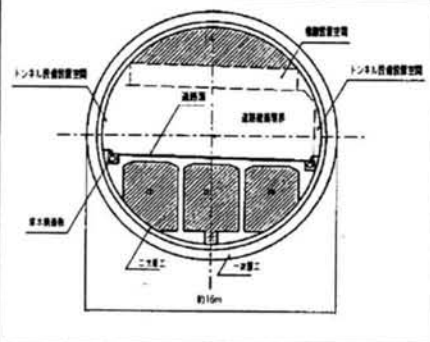
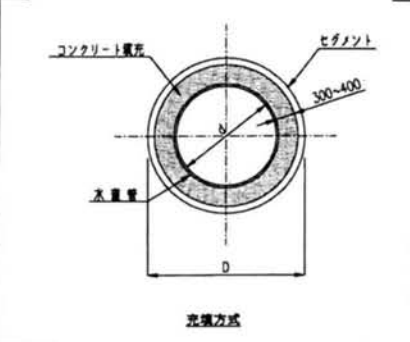
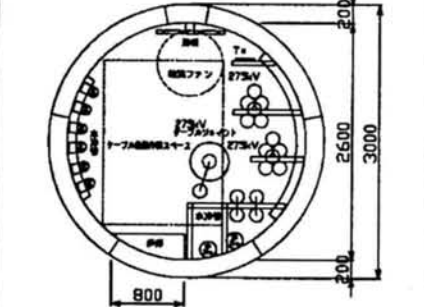
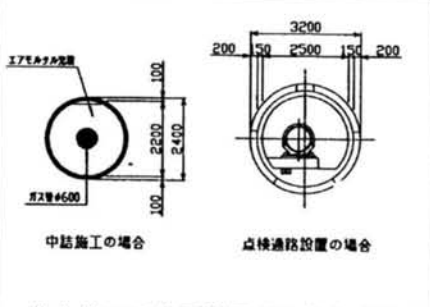
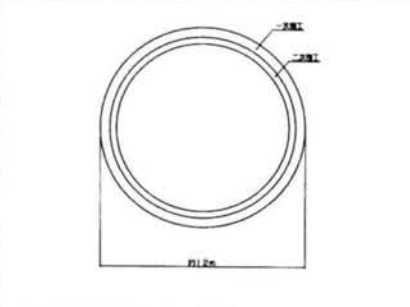
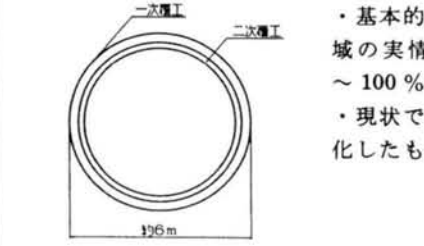
<p>鉄道事業（普通鉄道）</p> 	<p>鉄道事業（新幹線鉄道）</p> 	<p>鉄道事業（ミニ地下鉄）</p> 
<p>道路事業（トンネル径 12m）</p> 	<p>道路事業（トンネル径 16m）</p> 	<p>水道事業</p> 
<p>電気事業※</p>  <p>・基本的には「デッド」スペースはない。従って、共同利用が可能な空間はない。ただし、小規模施設については、ケーブル支持金物の配置工夫により、金物背面の利用が可能な場合もある。</p>	<p>ガス事業※</p>  <p>・基本的には共同利用が可能な空間はないが、小規模な構造物で上記断面に対して施工上、維持管理上問題がないと判断される場合にはこの限りでない。（具体的な構造物により個別検討が必要）</p>	<p>河川事業※</p>  <p>・基本的に利用可能空間はない。ただし、圧送管方式の断面割増率については、10 %程度を採用している事例が多い。 ・現状の一般的な断面であり、大深度に特化したものではない。</p>
<p>下水道事業※</p>  <p>・基本的に利用可能空間はない。ただし、地域の実情に応じ、計画流量に対して施設に、25 ~ 100 %の余裕を見込むことができる。 ・現状での一般的な断面であり、大深度に特化したものではない</p>		<p>河川、下水道は余裕空間はないと回答 網掛け部が共同化が可能な余裕空間</p>

図 4.23 各事業における余裕断面

通信事業については、事業者からのヒヤリングでは、光ケーブルの導入により、単独で大深度地下を利用して事業を行うことは、コスト面、スペース面から今後は考えられず、他事業の大断面トンネルとの併設、余裕空間の活用に関り大深度地下を利用する可能性があるとの回答を得た。

現在の最大規模の 1000 芯ケーブルでも、外径 31mm、重量 1.02kg/m の大きさ、重量であり、また、ケーブルの引っ張り強度から、1.5km までは中継なしで敷設可能とされている。よって最大 1.5km 間隔までは、余裕空間に埋め込む形態の埋設管方式での設置が可能で、設置する条数によるがこの場合の必要となる断面も、極めて小断面となる。

中継のための必要な空間についても、長さ 3m × 幅 1.4m (作業幅 0.8m) × 高さ 2.1m 程度の空間があればよく、このような点から見れば、通信事業については、他のあらゆる事業と共同化が可能といえる。

4.6.5 大深度地下利用における共同化の考え方

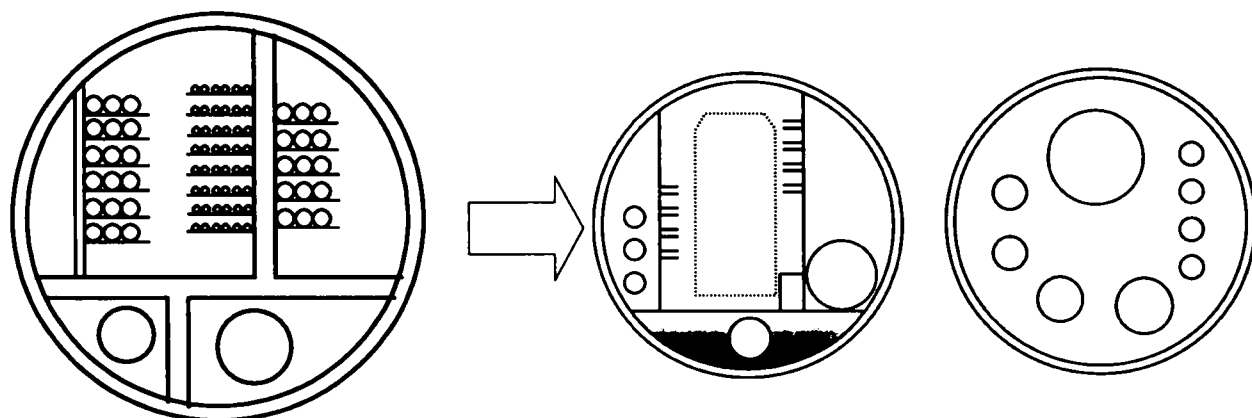
また、現在までの共同化においては、各事業の管理は、あくまでもそれぞれの事業者が行うため、隔壁を設け、管理区分を設けているが、例えば、管理用通路、換気施設を共用化する。電力と通信ではケーブルの敷設棚を共用化する。電力と水道では、電力の発生熱の冷却源として水道を活用するなどが可能であり、内部空間、内部施設を共用化することにより、効率的な空間利用の面 (コンパクトに大深度地下空間を利用できる)、コスト面で有利となる。

隔壁を設ける必要性も乏しいことから、大深度地下では、このように、できるだけ内部空間、内部施設を共用化し、効率的に事業を実施することが重要といえる。

特に、超高圧送電線事業については埋設管路方式が採用されはじめるなど、事例からも明らかなように、従来、管理用通路が必要とされてきた事業においても、埋設管方式で施設を地下化することが可能となっており、維持管理の省力化の観点からも、この傾向はますます進むものと思われる。また、埋設管方式を前提とすれば、シールドトンネルは、施設設置のための仮設構造物と考えることができ、施工の精密性、水密性、長期の構造安定性等を簡易に考えることができることから、コストの削減に資するようになることが考えられる。

図 4.24 に新しい共同化断面のイメージを示すが、一つは、管理用通路を共用して利用するもの、一つは、電気、通信、ガス、水道、下水道の埋設管方式が可能なものをそれぞれ一つのシールドトンネルに効率よく配置するものが考えられる。

図 4.24 新しい共同化の断面のイメージ



このような場合、従来のように、財産区分、管理区分が明確にできないことから、事業費の配分方法、財産区分、管理区分の方法をどのように考えるのかという課題がある。

4.6.6 大深度地下利用における共同化の費用負担の考え方

「4.6.2 共同化の現状」で示す通り、現在の共同化においても様々な費用負担の考え方が採用されており、事業を実施する際には、これらを参考に、事業者が協議を行い、双方が納得できる手法を採用することが重要である。

財産区分を明確にして、それぞれを単独所有することが原則とする場合には問題とならなかったが、内部空間、内部施設を共用化した場合、従来とは異なり、共用化した容積の費用負担をどのように行うのかという問題が生じる。

表 4.15 で示した費用負担の考え方のうち、共用断面の費用負担に対応できると考えられる方法を表 4.25 に示す。

表 4.25 共用空間部分の費用負担方法

費用負担方法	共有空間部分の費用負担の考え方
必要内空容積比率方式(充填方式)	事業の内空容積比で共有空間の事業費を按分
共有空間按分方式	埋設管方式の場合に有効
単独施工費上限方式	各事業が単独で施工した場合の仮想積算の比率をもとに按分
分離費用身替わり妥当方式	共同化による事業費の削減効果分を、事業者で折半する
全体事業費折半方式	事業者で全体事業費を折半する
共有空間折半方式	共有空間にかかる部分の事業費を事業者で折半する

当然のことながら、それぞれの方式により負担額は変わるものである。

図 4.25 に示す通り、各事業の占有内空面積が等しい場合は、ほぼ同様の負担に按分されることから、内空面積に着目した「必要内空容積比率方式」により公平感をもって費用負担が行えるが、著しく断面積が異なる場合は、費用負担の差が大きく生じ、公平感が損なわれることから、仮想の単独事業費を用いた按分である「単独施工費上限方式」、「分離費用身替わり妥当方式」、又は「折半方式」等によることが適当と考えられる。

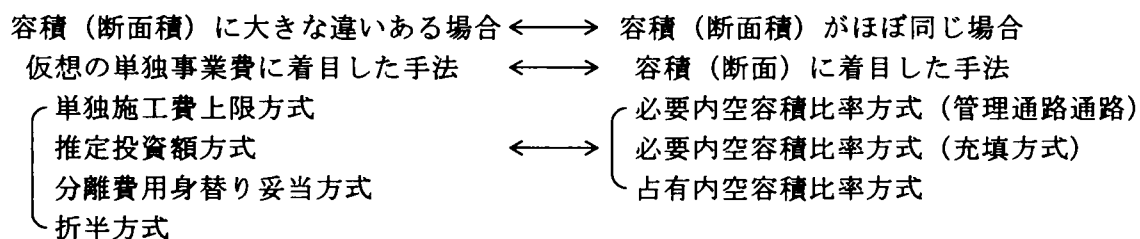


図 4.25 共同化における費用負担の考え方

大深度地下を利用する場合は、道路地下と違い、管理者の要請などにより共同化を行うことはなく、あくまでも、それぞれの事業者の自主的判断によっているため、コスト削減効果があるかないかは、共同化を行うかどうかを決定する上で重要な要素となる。

道路等の余裕空間を活用した共同化においては、道路事業が強固な床版等を必要とするため、トンネル構築に加え、本体構造の施工に費用がかかり、費用を按分しても、単独事業費より高い場合も想定される。

余裕空間を利用した場合は、図 4.26 に示すように、費用負担の上限は、単独で事業を実施した場合の費用であり、逆に、余裕空間を持つ事業者が最低限負担を求めなければならない下限は、共同化により増加する事業費となることに留意して、費用の負担方法を考える必要がある。



図 4.26 余裕空間を共同化する場合の費用負担の上限、下限

4.6.7 大深度地下利用における共同化の財産区分の設定方法

現在は、それぞれが対等な立場で所有を行う形態と、道路、鉄道における共同化のように、道路管理者、鉄道管理者が施設の全体を所有し、附帯施設として設置している施設についてのみ、それぞれの施設の管理者が所有する形態に分かれる。

現在までは、各事業者が対等な立場で分割して所有する場合は、財産区分を明確にして、それぞれを単独所有することが原則で、本体に支障が生じた場合等については、別途協定を定めることが一般的であるが、これについては、本来一体的な構造物を分離して所有することに対する矛盾などの問題がある一方、逆に固定資産の算定などに対しては、分離して算定した方が容易であるという面もある。

しかしながら、大深度法の使用権は、それぞれの事業者が管理する部分を切り分けて単独の使用権を有するものと解釈するのは困難であり、複数の事業者が共同して申請を行い、共同して使用権を取得すべきものといえる。言い換えれば、大深度地下使用制度によって認可される施設は、一体の構造物として必要な耐力等の要件を満たすものであり、これを分割して財産とすることは不適切である。

よって、大深度地下使用制度においては、共同化を行う場合、単独所有の形態をとることはできないと考えられる。

一般的に、法的に考えられる構造物の所有形態としては、表 4.26 に示す通りである。

表 4.26 構造物の所有形態

所有形態		根拠法令
単独で所有する		民法第 206 条～ 248 条
共同で所有する	共有	民法第 249 条～ 264 条
	区分所有	建物の区分所有等に関する法律

大深度の使用権自体が切り分けて単独に設定することができないこと、内部空間、内部施設を共用化するようになると、現在行われている単独所有を行う方法には馴染まなくなることから、共同で所有する方法か、マンションなどで見られるように区分所有を行う方法のいずれかが採用できると考えられる。

しかしながら、区分所有は、法律により、その対象が建物に限定されており、大深度地下施設が建物か否かの議論はあるが、一般的には、大深度地下施設は建物とは考えにくいことから、区分所有は馴染まないといえる。

したがって、地下施設の所有形態としては、共同所有の形態をとることが、施設の本来の構造などから見ても望ましく、また、持ち分の権利を事前に協定で定めておけば、固定資産としての算定などにも事欠かないことから、今後は、共同所有による形態で申請を行う必要がある。

4.6.8 大深度地下利用における共同化の維持管理の方法

それぞれ分割して単独の財産として所有する場合には、その持ち分によって管理を行うとともに、トンネル本体に支障が生じるような場合について、別途協定によりルールを定める形態と、道路、鉄

道のように施設本体は道路管理者、鉄道事業者が維持管理を行い、附帯施設として施設を設置している事業者は、設置した施設についてのみ維持管理の責任を負う形態の2つの形態に分かれた。

内部空間、内部施設を共用化した場合、後者の方式であれば問題は生じないが、前者の場合、共用化した空間、施設について維持管理の責任をどの事業者が負うことになるのかという問題が生じる。

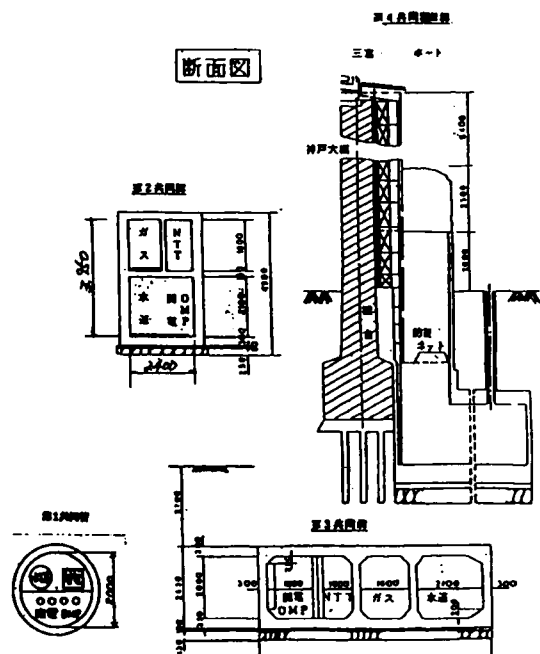
表 4.27 及び図 4.27 に示す神戸のポートアイランドで電気、電話、ガス、水道の4者が共同化した事例では、管理費用は4者で分担して負担しつつ、3年ごとの持ち回り代表管理による方式で管理を行っている。

大深度地下において、共同化を行う場合、このような方法も参考になるものと考えられる。

表 4.27 4者で共同管理を行っている事例

組み合わせ	事業名	位置	工期	延長 (m)	内径 (m)	事業費 (億円)
電・通・水・ガ	新港第4突堤第一共同管	神戸市	S45	131	2	2

資料：各事業所管省庁、各事業者からのヒヤリングにより作成



件名：新港第4突堤第一共同管
 共同化事業：電気・通信・水道・ガス
 工期：第1共同管・第2共同溝は昭和45年度、
 第3共同溝は昭和47年度
 延長：第1共同管131m、第2共同溝825m、
 第3共同溝60m
 場所：神戸市中央区加納町7丁目
 ～同市中央区港中町1丁目
 内空占有率：第1共同管33.36%、第2共同溝24.88%、
 第3共同溝32.36%

図 4.27 4者で共同管理を行っている事業の断面例

4.6.9 大深度地下利用における共同化の留意事項

例えば、不特定多数が利用する道路、鉄道の事業においては、爆発の可能性がある事業との共同化については、慎重に対処する必要があるなど、それぞれの事業毎に特性があり、各事業間について共同化にあたって支障があるのかどうか、クロスチェックを行った。

各事業所管省庁、各事業者ヒヤリングを行い、それぞれが他の事業と共同化する場合を想定して支障が生じるかどうかを判断してもらった。

表 4.28 には、それぞれの事業の意見を集約した結果を示す。

表は左の行から見た列の事業に対する共同化の可能性を示している。例えば、鉄道事業者から見たガス事業との共同化の可能性は、鉄道の行のガスの列の箇所示されている。

表中の「○」は、共同化の可能性のある事業を示しており、特に、「◎」は、実績があり、技術的に見ても共同化に支障がない事業を示している。「△」は共同化に馴染まない事業を示している。

これより、大半の事業は共同化が可能といえる。唯一「△」として鉄道事業者がガス事業との共同化の可能性を判断したケースでは、ガスの引火性を問題としている。

表 4.28 共同化の可能性

	電気	ガス	鉄道	通信	道路	河川	下水道	上水道
電気		◎	◎	◎	○	○	○	◎
ガス	◎		△	◎	○	○	◎	◎
鉄道	◎	△		◎	○	○	◎	○
通信	◎	◎	◎		○	○	◎	◎
道路	—	—	—	—		—	—	—
河川	○	○	○	○	○		○	○
下水道	○	◎	◎	◎	○	○		◎
上水道	◎	◎	○	◎	○	○	◎	

—：回答なし

また、共同化を図るに際して、留意すべき事項についても、各省庁及び各事業者からヒヤリングをした。この結果を表 4.29 に示す。

主に、有人施設が共同化を行う場合、不測の事態が生じても安全性に影響が出ないよう、特に配慮する必要があるといえる。

表 4.29 各事業間の共同化の支障の有無（ヒヤリング結果）

事業名	共同化に対する主な留意点
電気	<ul style="list-style-type: none"> ・農業用水路、河川、下水道が開水路タイプの場合は、別室構造（上段利用が望ましい）とする。 ・鉄道、道路に対しては、供用後開始後のケーブルの引き入れ、接続作業及び維持管理面での安全性を考慮し、床版下を利用した別室構造が望ましい。 ・ガスに対しては漏洩時の検知、希釈対策、電気機器の防爆化、隔壁の設置などの検討が必要。 ・下水道に対しては、有毒ガス（メタン、硫化水素）発生時の検知、希釈対策の実施が必要。 ・金属の通信線と同室の場合は、電磁誘導に対する検討が必要。
ガス	<ul style="list-style-type: none"> ・電気設備の防爆対策が必要。 ・ガス漏洩時の検知、希釈対策、電気設備等の防爆化、隔壁の設置などの検討が必要。
鉄道	<ul style="list-style-type: none"> ・上水道、農業用排水路、河川に対しては、漏水対策、防災対策が必要。 ・電力に対しては、火災時の安全対策、運転施設への影響の検討が必要。
通信	<ul style="list-style-type: none"> ・電力と同室の場合は、電磁誘導対策が必要。 ・ガスと同室の場合は、電気設備の防爆対策が必要。
道路	<ul style="list-style-type: none"> ・水道事故により大容量・高水圧管に漏水が生じた場合、影響が大きいことが想定される。
河川	<ul style="list-style-type: none"> ・電気、ガスに対する安全性対策が必要。 ・導水管については操作監視設備の二重化が可能。 ・漏水対策、防災対策が必要。
下水道	<ul style="list-style-type: none"> ・下水管の水密性保持が必要。 ・硫化水素やメタンガスの検知装置の設置、有毒ガス発生時の換気による希釈対策が必要。
上水道	<ul style="list-style-type: none"> ・排泥設備、排気設備の設置のため中間立坑が必要となる可能性がある。 ・管内水圧が高いことから、異形管部に生じる不平均力に対し配慮が必要。 ・電食による水道管の腐食対策が必要

資料：各事業所管省庁からのヒヤリングによる

4.6.10 アクセス空間（立坑等）の共同化の考え方

トンネル部分の共同化を図ることも重要であるが、大深度地下利用に当たっての最大の難点は、いかに地上とのアクセスを確保するかということであり、このため、立坑等のアクセス空間を共同化して設置し、これを活用して効率的に事業を行うことが考えられる。

現在でも、トンネル部を共同化した場合は、立坑も共同利用しており、事例は多いといえるが、図 4.28 本町付近管路新設工事のように、隔壁を設け空間を分離して、別々に入り口、階段を設置している場合がほとんどであり効率的な利用とはいえない場合が多い。

事例からは、費用の負担について、立坑内の占有内空容積比率で行っているもの、トンネル部分の断面の比率で行っているもの、単独施工費上限方式で行っているものなど様々あり、負担方法については、それぞれが協議を行い決定している。

維持管理については、隔壁を設け、区分して行う場合が多いが、図 4.28 の夢洲舞洲共同シールドのように電気と通信、上水道と下水道のように、比較的似通った特性を持つ事業同士を同室としている事例もある（維持管理方法は現在未定）。

立坑もトンネルと同様に、階段などの施設を複数設置することは非効率的であり、共用化できる施設については、できるだけ共用化することが重要である。

さらに、現在までの立坑の共同利用は、トンネル部を共同して利用することが前提であるが、大深度地下では、立坑を共同利用して、複数の事業者がそれぞれトンネルを構築することができれば、効率的な事業の実施の面で有効である。

通常は、先発事業の深度によって、立坑深さが決まるが、もう少し深くしておけば後発事業が利用できる例も考えられることから、ある程度将来を見通して、深さ、規模を決定するなど将来の事業の可能性を考慮する必要がある。

また、公共事業として立坑を先行的に設置し、これを各事業者の利用に供する方法も考えられる。

費用の負担方法であるが、立坑の径は、シールドマシン規模によって決まるといえ、事業規模、事業費は大きなトンネルを掘る事業者の事業規模により決まるといえる。したがって、費用負担を考える場合においては、大きい事業を行うものが、多額の金額を負担すべきといえ、このようなことを背景とし、負担方法を定める必要がある。

表 4.30 立坑部分を共同化した事例

組み合わせ	事業名	位置	深さ m	断面 (m)	費用負担方法	維持管理用方法
電気・通信	本町付近管路新設	新宿区	12.6	4.7 × 5.6	占有内空容積	隔壁により区分
	蒲田～羽田洞道発進立坑	太田区	35.1	φ 3.95	占有内空容積	隔壁により区分
	横浜港～本牧洞道発進立坑	横浜市	28.3	9.3 × 12.3	占有内空容積	隔壁により区分
電・水・下・通・ガ	夢洲舞洲共同シールド（発進） （到達）	大阪市	43.2 31.5	φ 13.0 φ 11.0	トンネル部分の 占有内空容積率	未定
ガス・通信	東神奈川～小机	横浜市	19.8 28.5	5.6 × 10.0 φ 10.0	単独施工費上限	隔壁により区分
上水・下水	太田和配水幹線築造工事	横浜市	22	101 × 103	トンネル部の必要内空容積比率	隔壁により区分
上水・電気・通信	芝公園付近共同溝分岐立坑	港区	45.3	φ 13.6	共同溝方式	隔壁により区分

資料：各事業所管省庁、各事業者からのヒヤリングにより作成

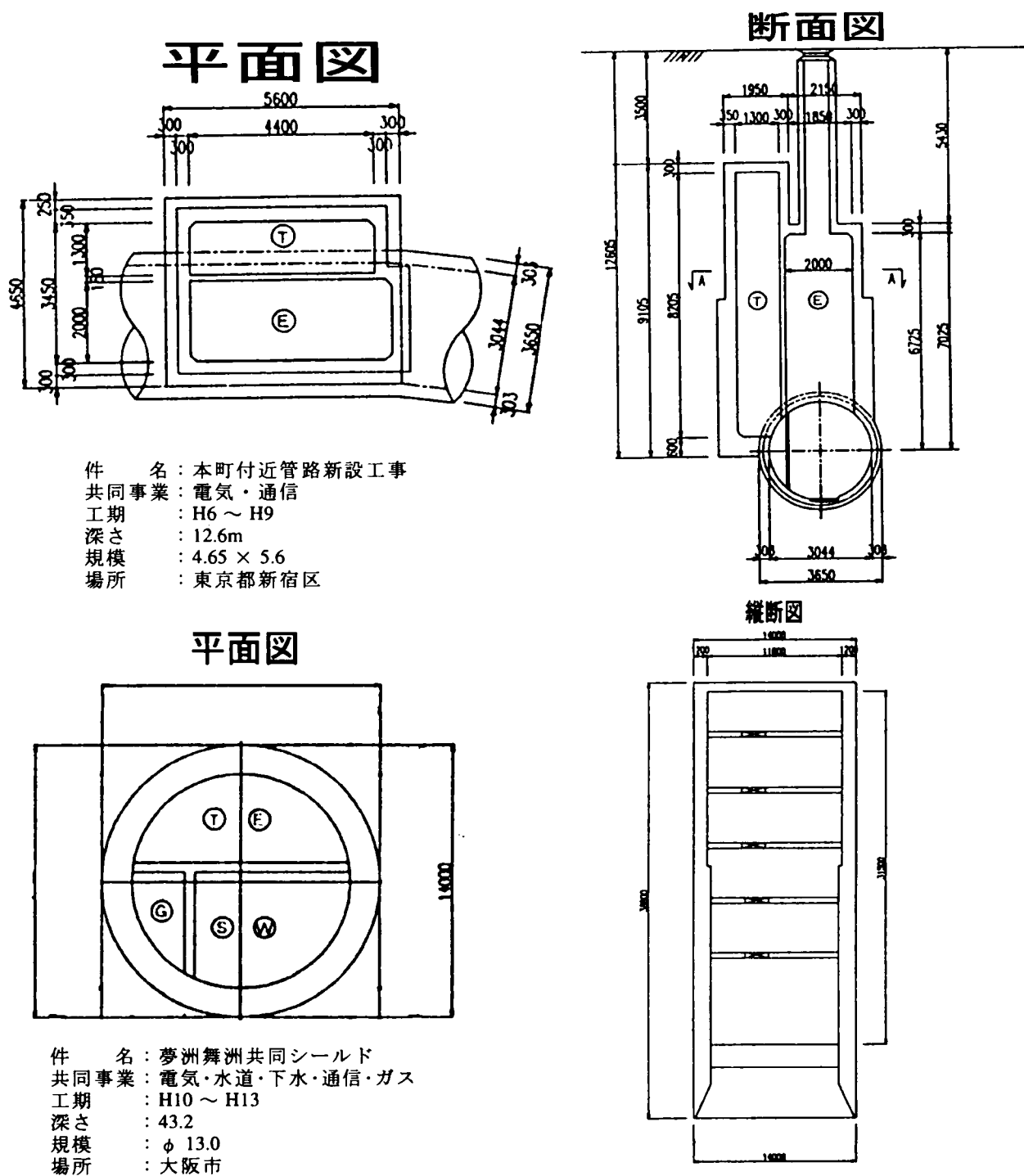


図 4.28 立坑を共用化した事例

4.6.11 大深度地下利用における共同化の原則（共益原則）

共同化を図る場合の手法的な問題としては、費用負担、財産区分、維持管理等があり、これについて協議、調整を行い、共同化を決定することになるが、共同化に対して、各事業者が共通の理念を共有し、これを原則として、様々な事項を調整することが重要である。いわば、共同化に当たっての原則というべきものである。

これについては、共同化の目的としては、経済的な事業の実施を図ることとし、これにより生じるメリット、デメリットは公平に負担し合うという共益原則を原点としていくことが最重要である。

また、図 4.14 に示すように、垂直方向には狭い空間であるという大深度地下空間の特性を踏まえれば、どの程度の大きさの径のものを考えるのかという問題があるが、事例からは、ライフライン系の電気、通信、ガス、水道、下水道の 5 者が共同化を行った事例においても、トンネル径は 6m 以下であり、また、大断面の道路、鉄道については、その余裕空間を活用して共同化を図ることが前提であり、さらに大きな断面とすることは考えにくいことから、現行最大規模を大きく超える径のトンネルが数多く建設されることは考えにくく、現時点では、あまり問題とならないと考えられ、むしろ、空間の効率的な利用の面からは、共同化は促進すべきと考える。

4.6.12 今後の課題

この節では、大深度地下で共同化を行う場合を想定して、その手法等を明らかにした。

検討に当たっては、各事業所管省庁、各事業者の協力を得て、現在まで実施された共同化に関する事例を収集し、これを解析することにより、様々な手法をメニュー化して提示した。このように網羅的に手法を検討したのは初めてのことである。

ヒヤリングでは、費用の負担方法について、ある 1 つの手法しかないと考え、合理的な解決が図れなかったと回答する事業者もあり、このように、手法をメニュー化して示すことにより、円滑に大深度地下を利用した事業の共同化が進むものと考えられる。

今後、共同化を進める上で課題と考えられる事項もいくつか浮かび上がったが、新たに制度を構築することが必要であり、今回はその点まで踏み込んでいない。

課題の一つ目は、事業化の時期がずれる事業の調整をいかに行うかということであり、特に、費用負担に関して、共同化を行うために、将来発生する事業費を前倒しで支出することに対しては、投資に対する金利負担などがコスト削減効果を上回る可能性が大きく、共同化が円滑に進むかどうかは、この問題に対して十分な解決が図られるかどうかにかかっている。

これに関しては、公的機関が関与して、例えば、融資、補助、先行整備等の手法により円滑に進める制度の創設が考えられる。しかしながら、大深度地下は効率的な利用が強く求められる空間であることについては、当然のこととして理解されると思うが、公的機関が先行的に投資を行い整備を進めることの必要性まで、現時点では一般的な理解が得られる状況とはいえず、今後、事業を積み重ねて、問題点を明らかにし、共同化がどの程度大深度地下の適正な利用に資するのかを明らかにした上で、検討を行うべきといえる。

二つ目は、大深度地下利用全般のことでもあるが、コストをいかに削減するかということであり、特に、共同化によって、建設コストだけでなく、維持管理を含めたライフサイクルコストが低減できるよう技術開発、共同化の仕組みを考える必要がある。

三つ目は、共同して構築したトンネルに、現在では利用が考えられないが、将来、様々な事業が利用したいという要望が出てくる可能性があるということである。例えば、燃料電池技術が進展すれば、原料となる水素を各燃料電池に送るためのパイプラインが必要となったり、熱供給も行われるようになるかもしれない。また逆に、事業の廃止により空間が余る場合も想定される。

現行の制度では、事前に事業費を負担するため、後発の事業が参画する機会がない。このような全くの新規の需要に対して、どのように対応するのかということについても検討する必要がある。

都市の構造の変化に臨機応変に追随して、機能を変化させることが求められているといえる。大深度地下の施設は、構造としては半永久的でも、経済社会状況の変化、技術開発などにより、利用形態の方が耐用年数より先に陳腐化する可能性が高く、利用形態を時代に合わせて変化させて行くべきであることを認識すべきである。

このように共同化を行うに当たっては様々な課題があるが、共同化を行うことは、社会全体で考えれば、メリットがあるものであり、個別事業の採算性等の課題に適切に対応しつつ、積極的に推進すべきものといえる。

4.7 大深度地下使用制度と都市計画制度の連携

臨時大深度地下利用調査会答申において提言されている３段階の調整の仕組みのうち、即地的な計画については、現在、都市計画制度があることから、これと連携を図ることとする。

しかしながら、都市計画制度は、“公”対“民”もしくは、“民”対“民”の調整を図るためのプロセスを定めた制度といえ、一方、“民”としての利用を想定していない大深度地下使用制度は、“公”対“公”の調整を行えば足りうる制度であり、制度の基本的な考え方から違いがある。

また、都市計画においては、かなりの種類の事業が都市計画施設として決定が可能であるが、現実的には、地下を利用する事業で都市計画決定を行っている事業の種類は限られており、大深度地下使用制度で対象としている事業のうち都市計画決定を行っている施設は、道路、鉄道、下水、河川の一部にすぎない。

大深度地下利用のメリットが比較的大きいと考えられる電気、ガス、通信等のライフライン施設は都市計画決定をすることが制度上できるが、例えば、都市計画事業として補助が得られる等都市計画決定を行う具体のメリットがなく、逆に、様々な手続をとるデメリットの方が大きいため都市計画を行っていない。

このように、都市計画制度と連携を考えるに当たっても、様々な問題があり、どのように連携を図っていくべきかを検討する。

4.7.1 では、地下利用に際しての現在の都市計画制度の問題点、4.7.2 では、大深度地下使用制度と都市計画制度、環境アセスメント制度の関係を整理し、4.7.3 で連携を図る必要性とその問題点を、4.7.4 でそれを踏まえた連携方策について述べる。

4.7.1 地下利用における都市計画制度の問題点

(1) 都市計画制度の任意性から生じる問題点

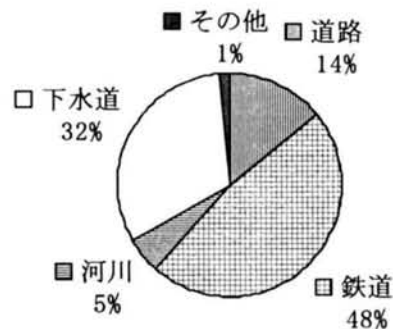
都市計画制度においては、様々な施設が都市施設として計画決定が可能であるが、現実には、これらの施設全てが都市計画決定を行っているわけではなく、都市計画決定を行うか否かは、事業者の任意によっている。

特に、地下を利用する事業の場合、図 4.29 に示す通り、地下を利用する施設で都市計画決定を行ったことがあるのは、道路、鉄道、河川、下水道事業のみであり、地下利用の大部分を占める、上水道、ガス、電気、通信といったライフライン施設については、全く都市計画の手続を踏まずに事業を実施している。

この理由としては、現在都市計画決定を行っている事業には、補助、税制等のメリットがあるが、水道、電気、ガス等の事業には何ら措置はなく、逆に、都市計画決定を行う手続を踏む方のデメリットがあまりにも大きすぎることがある。また、都市計画決定を行うか否かは事業者の任意であり、都市計画制度としてこのような任意性を許容している。

地下は目に見えないことから、どこにどのような施設が埋設されているのか、一般には知られることがないため、これらの施設を避けて、新たに整備される地下鉄などが深い地下を利用していることなど、一般市民は知る由もなく、頻繁な掘り返しに対する関心はあるものの、地下空間の利用の仕方に対してはほとんど無関心となっている。このため、現在までは、利用に当たって民意との調整を図る必要はなく、都市計画の手続を踏む必然性がなかった。

このように都市計画の任意性が、一方は、都市計画制度の中で調整がされることとなり、一方は、都市計画制度の対象外であることを併存させている。



都市計画決定している地下施設の数の種類毎に回答、その他の1%（1件）は地下駐車場

資料：三大都市圏の政令市に対するアンケート調査（建設省都市局資料）

図 4.29 三大都市圏の政令市において都市計画決定をしている地下施設の種類の割合

(2) 地下利用に当たっての戦略性の欠如

都市計画法自体が、2000 年の改正まで、地下利用を想定した制度体系となっておらず、立体的に都市計画決定することができなかった。このため地下に都市計画決定を行った場合、本来その施設に影響する利用のみを規制すればよい場合でも、都市計画制限は地上地下に及ぶこととなっていた。

すなわち、地下鉄道を都市計画決定した場合も、その施設を地表に都市計画決定したのと同じ効果を有し、地上の建築物の建設に制限がかかることとなり、本来必要のない制限までを課す事態が生ずることとなっていた。

よって、地下利用計画を都市計画決定することは、本来の目的を超えて制限を課すこととなるため、都市計画決定を行う時期は事業の実施のめどがつくまで見送る場合が多く、将来の地下鉄道構想などが都市計画決定されていないのは、このことを一因としているといえる。

したがって、都市計画は、本来、都市のあるべき姿を示すものといえるが、現在の運用では、事業を実施する段階で複数の事業について調整を行う利害調整型のものといえ、都市のために地下空間をいかに利用していくのかという戦略型の計画となっていないといえる。

さらに現在の都市では、情報インフラ、エネルギーインフラの整備は、都市にとって戦略上の重要な施設であるが都市計画においては位置付けがない。

これらのライフライン施設については、ある意味では、十分な供給がなされて当たり前という感覚があるが、阪神淡路大震災でも明らかとなったように、この途絶は都市にとって大きな影響を与えるものである。例えば、ある地区は、地下を利用した情報インフラ施設を多くし、地震に強くし、コンピューターセンターの立地に優位性を持たせる等の戦略性を持たせることが可能である。

また、我が国都市のエネルギーの有効利用率は約 34%にとどまっているが、一方、北欧の都市では 70%を超えている。これは、発電所を需要地の近くに立地させ、発電だけでなく、その廃熱も都市へ供給しているためであるが、我が国では、各公益事業者はそれぞれ単独で事業を進めており、事業を進めるに当たってこのようなエネルギーの有効利用を図る観点はない。二酸化炭素対策からも都市のエネルギー戦略をどのように考えるのかは、重要な問題といえ、このためには、ライフライン系の地下利用を都市としてどのように考えていくのかのビジョンが必要である。

今般、大深度地下の公共的使用に関する特別措置法の成立と同時に改正された都市計画法によって、立体都市計画制度が創設されたことから、立体的な範囲として、都市計画決定を行い、地下施設への影響の度合いによって建築物の制限が合理的に行われることから、この点については運用が変わっていくことが期待できる。

4.7.2 都市計画制度、環境アセスメント制度と大深度地下使用制度との関係

大深度地下使用制度の即地的な調整については、都市計画制度を活用することが想定されているが、一方、都市計画制度では、環境影響評価法の例外として独自の都市計画アセスメント制度を持ち、環境アセスメント制度と関連があることから、3つの制度の関係について整理する。

通常、環境アセスメントは事業者が実施するのが原則であるが、都市計画決定を行う段階では、事業者が決まっていない場合もあり、事業者に代わって、都市計画決定権者がアセスメントを行う制度として「都市計画アセス」と呼ばれる手法が定められている。これは、都市計画の決定後の環境アセスメントで事業計画が変更になる等の齟齬が生じないよう一体的なものとして、都市計画決定時点で同時に行うとともに、公告、縦覧という手続を一体的に行い行政手続の効率化を図ることが目的となっている。

一方、大深度地下使用制度と両制度の関係に関しては、法律においては位置づけはなく、それぞれ運用において連携を図ることを想定している。

ここでは、3つの制度をどのように関連づけて運用すべきかについて述べる。

(1) 3つの制度の関係

大深度地下使用制度と環境アセスメント制度の関係については、使用の認可に当たって環境アセスメントを実施している事業であれば、環境への配慮を十分に行っていることが認められるなど、審査に当たっての判断材料としての活用を想定している。逆に、環境アセスメントが必要な事業については、これが実施されていなければ、事業の遂行の可能性を十分に判断できないことから、使用の認可を申請する前に環境アセスメントを実施しておく必要がある。

一方、認可申請前の段階では、両制度において実務上の関連はあるものの、制度的に連携を図る事項はなく、大深度地下使用制度において環境アセスメント制度と関連が生じてくるのは使用の認可の申請時点となる。

一方、都市計画制度は、大深度地下使用制度において設けている事前の事業間調整などの計画調整の仕組みと密接に関連するものであり、齟齬を生じないため早い段階から相互に連携を図りつつ進めていくことが必要である。

したがって、3者の計画制度の関係を整理すると図 4.30 で示すように、大深度地下使用制度は都市計画制度と早い段階から連携を図る必要があるが、環境アセスメント制度については、認可の判断時点で、その結果を踏まえるので、使用の認可申請までに環境アセスメント手続を済ませることを定めておけばよいこととなる。ただし、都市計画アセスについては、都市計画制度と一体的に手続が進められることから、その点について連携が図られるといえる。



図 4.30 大深度地下使用制度、都市計画制度、環境アセスメント制度との関係

(2) 3つの制度の対象とする事業の関係

3つの制度は、表 4.31 に示すように、それぞれの制度の趣旨から対象とする事業を定めているが、

それぞれの法律の目的が異なるため、大深度地下使用制度の対象事業はほぼ都市計画施設に含まれるものの、環境アセスメント制度の対象事業とはかなりのずれが生じている。

表 4.31 大深度地下使用制度、都市計画制度、環境アセスメント制度の対象事業の考え方

制度	対象事業の考え方
都市計画制度	都市に必要な施設を定めている
環境アセスメント制度	規模が大きく環境影響の程度が著しいものとなるおそれがある事業
大深度地下使用制度	土地収用が可能な事業のうち、大深度地下を利用する事業

それぞれの対応関係を表 4.32 に示すが、大深度地下使用制度の対象事業のうち、道路、鉄道、河川以外の事業は環境アセスメントの対象となっていない。この点は、環境アセスメント制度が地下利用を想定して対象事業を定めているのではないためであるが、アセスメント対象事業以外の事業においても、大きなトンネル径の事業はあり、地下水など環境への影響を考えれば、矛盾を生じているといえる。

表 4.32 大深度地下使用制度、都市計画制度、アセスメント制度との対応関係

大深度法		都市施設か	都市計画決定の有無	都市計画法	アセス対象か	アセス法
第4条	対象事業			第11条		
1号	道路	○	○	1号(道路)	○	高速自動車国道、首都高速道路等、一般国道、大規模林道
2号	河川、水路、貯水池	○	△	4号(河川) 4号(その他の水路)	○	ダム、堰、湖沼水位調節施設、放水路
3号	農業用道路、用水路、排水路	○	×	1号(その他交通施設) 4号(その他の水路)	×	
4～6号	鉄道、軌道	○	○	1号(都市高速鉄道) 1号(その他の交通施設)	○	新幹線鉄道(規格新線含)、普通鉄道、軌道(普通鉄道相当)
7号	電気通信	○	×	3号(その他の供給施設)	×	
8号	電気	○	×	3号(電気供給施設)	△	○発電所、×送電線
9号	ガス	○	×	3号(ガス供給施設)	×	
10号	上下水道、工業用水	○	△(下水のみ)	3号(水道、下水道、その他の供給施設)	×	
11号	水資源開発公団が設置する施設	△	×	4号(河川、運河、その他の水路)に該当する場合	△	4号(河川、運河、その他の水路)に該当する場合

※○は対象となる場合、△は一部対象の場合、×は対象とならない場合

都市計画決定の有無については、実績より判断。

環境アセスメントの対象かどうかは、事業規模によって異なる。

このように、環境アセスメント制度との関係においては、アセスメント制度が地下利用を想定せず制度構築がなされていること、都市計画制度との関係においては、都市計画が任意性を許容していることが関係を複雑にしているといえる。

制度面ではこのような問題があるため、運用面でこれを補い連携を図る必要があるといえる。

4.7.3 都市計画制度との連携の必要性和問題点

都市計画制度は、「民対公」との調整を行うための手続を定めた制度といえ、私権、民意との調整を行うための手続を厳格に定めている制度ともいえる。

一方、大深度地下使用制度は、大深度地下は通常利用されない空間であり、私益は存在しないことから私益と公益との比較衡量は必要ないという前提に立って制度を構築しており、原則として"民"対"公"の調整はあり得ない。よって、大深度制度において必要なのは、事業間同士の調整であり、"公"対"公"の調整が行えればよいといえる。

大深度地下使用制度においては即地的な計画の部分で都市計画と連携を図ることを想定しているが、都市計画制度と連携がなくとも、事前の事業間調整及び協議会の活用により、"公"対"公"の調整は実質的には実施されることから、大深度地下使用制度だけで完結した運用を行うことは可能である。現在の都市計画の運用からは、電気、通信、ガス等のライフライン系は漏れており、これらの事業について、都市計画の方において何らかの運用の変更がなければ連携をはかることはできない。

このような基本的な理念の違いからも問題を抱えているといえるが、一方では、大深度地下使用制度は大深度地下のみを対象とした制度であり、円滑な運用のためには大深度地下の区域外も対象とする都市計画と連携を図るべき事項もある。

ここでは、都市計画制度との連携の必要性とその問題点を整理した。

(1) 地上・浅深度地下空間との一体的な計画調整

全ての事業は大深度地下だけで完結せず、必ず、地上、浅深度地下へのアクセスが必要となるが、大深度地下使用制度は大深度地下のみを対象としており、地上、浅深度における計画調整を行う機能を備えていない。このため、都市計画制度を活用して、地表、浅深度の施設と一体的に都市計画決定を図り、一体の事業として調整及び合意形成を進めることが必要であり、相互に連携を図る必要があるといえる。

一方、垂直にアクセスする事業では、自社用地に立坑を設置し、これを大深度地下を利用して結ぶように、地上、浅深度地下と一体的な調整を行うことが不要な場合がある。ライフライン系の事業としては、このような形態のものが多くという実態がある。

(2) 立体都市計画制度の活用

大深度地下法の成立と同時に都市計画法の改正が行われ、立体都市計画制度が創設された。

立体都市計画制度によって、必要な空間に限り排他的に当該空間を確保できるとともに、上部の建築物の建設に対しても、必要な範囲で都市計画制限をかけることができるようになった。

したがって、大深度地下使用制度の事前の事業間調整により、他事業者との間で空間利用が調整されたとしても、これは、事業者間同士の調整結果に過ぎないため、これを効力のあるものとして位置付けるために、立体都市計画制度を活用することが考えられる。

なお、立体都市計画制度では、都市計画制限をかけることもできるが、大深度地下使用制度では、現行最大規模の超高層建築物も建設可能であり、都市計画制限を行う必要がそもそもなく、この点は連携を図るメリットとはならない。

(3) 大深度地下施設を都市全体の中で位置付け

大深度地下利用は、都市活動のための制度であり、都市計画のプロセスにより都市の全体像から都市にとって必要な施設として大深度地下施設を位置付けることが重要といえる。

また、逆に、大深度地下に設置される事業側から見れば、都市全体における事業の位置付けが明確にされるという利点がある。

このように、本来的には、都市に必要な施設は、都市計画にきちんと位置付けるべきであるといえるが、現在の運用では、対象としている事業は限られており、現在の都市計画は都市の全体像をあらわしたものとは言い難い。例えば、通信インフラの配置等は都市の戦略上重要な事項であるといえるが、この種の施設を都市計画決定した例はない。

(4) 都市計画の合意形成機能の利用

事前の事業間調整及び大深度地下協議会における調整は、“公”対“公”の調整であり、民意を反映させる手続となっていない。これは、大深度地下は通常利用されない空間であり、私益は存在しないと言う前提に立っているからであるが、場合によっては、事業に民意を反映させる手続として、都市計画制度の活用が考えられる。

しかしながら、大深度地下使用制度は、私益と公益の比較衡量を実施しないことから円滑な事業の実施が可能なことが特徴であり、“公”対“民”の調整を行うための厳密な手続が用意されている都市計画制度の手続を行うことの必然性がないともいえる。また、民意の反映は必要に応じそれぞれの事業計画策定の手続の中で行われるべきものであり、大深度地下使用制度の手続に入る前に、十分な住民との合意形成が本来図られて当然であり、この点に関して、都市計画手続を踏む必要性の判断は慎重に行う必要がある。

特に、現在、民意を反映させる仕組みを全く必要としていない電力、ガス、通信、水道の事業については、都市計画の手続を踏む必然性についてはよく検討する必要がある。

(5) まとめ

大深度地下使用制度は大深度地下のみを対象としているという特徴があり、これを補うためには都市計画制度と連携する必要があるといえるが、一方では、都市計画制度は、私益と私益、私益と公益の関係を、民意を反映させながら調整を図っていく制度であるのに対し、大深度地下使用制度は私益が存在しない空間という前提に事業同士の公益と公益のみを調整すれば足りうる制度であり、基本的な理念の矛盾から、表 4.33 に示すとおり、様々な問題を生じている部分もあるといえるが、都市論から考えると連携を図るべき事項は多く、大深度地下を利用する施設から見ても連携によるメリットは大いにあるといえる。

よって積極的に連携を図ることが必要であり、このため、どのような都市計画の制度を活用して連携を図るのが重要になる。

表 4.33 都市計画法との連携の必要性

連携の必要性	問題点
地上・浅深度地下空間との一体的な計画調整 →広く他の都市施設との計画調整が可能	自社用地に立坑を設置し、連結するような事業の場合
立体都市計画制度による空間の確保	
都市全体像から施設を位置付けることができる (アカウンタビリティの向上)	電力、通信、ガス等の事業は都市計画の手続を踏んでいない現状
関係住民等の合意形成を図ることが可能	大深度地下における住民の合意形成の必要性の有無

4.7.4 都市計画制度との連携方策

都市計画法と大深度法の関係については、法律上は何ら連携の規定はないことから、運用において連携を工夫する必要がある。

ただし、都市計画と連携を図るに当たっては、上述の通りの問題があり、どのような方法で連携を図るのかを整理する必要がある。ここでは、将来どのように連携を図るべきか、その方策を検討した。

(1) 大深度地下使用制度と都市計画制度との手続関係

大深度地下使用制度は、都市計画との連携を前提としつつも、法律の中には、都市計画との連携に関する手続は示されていない。このため、各々の法律における手続の目的に照らし合わせて、それぞれの手続がどのような関係にあり、どのような手順で進めるべきか、どのようにすれば各々の目的と

意義達成できるのか、これらを明らかにし、運用面でどのように連携を図るのか決める必要がある。
それぞれの法律の目的、意義、調整の規定を整理すると表 4.34 及び表 4.35 の通りである。

表 4.34 大深度地下使用法における手続の目的と意義、調整の規定

	主な内容	主な目的・意義	調整に関する規定
基本方針 (6 条)	・事業の円滑な遂行、適性かつ合理的な利用等大深度地下の公共的使用に関する基本的事項を定める	・適正かつ合理的な利用の確保	・協議決定
大深度地下使用協議会(7 条)	・対象地域毎に国の関係行政機関及び関係都道府県により設置	・できるだけ早い段階からの情報交換	・協議が整った事項については、尊重義務
事業概要書提出、公告・縦覧 (12 条)	・事業者が使用認可に先立って作成 ・事業所管大臣(知事)に提出	・早期に事業概要の周知を図る	・協議会構成員は所管する事業者へ内容を周知 ・公告及び 30 日間縦覧
関係事業者との調整(12 条)	・事業者が関係する事業者と共同化、事業区域等に関し調整を図る	・適正かつ合理的な利用の確保	・調整の申し出があったときは調整に努める
調書の作成 (13 条)	・事業区域内の物件を調査し、権利に対する損失補償の見積等を整理	・事業区域内の物件(井戸等)を調査	—
使用認可申請 (14 条)	・申請書を提出	・使用認可を許可するかどうか判断するための資料提出	・大規模な事業は事業所管大臣経由。意見を付して送付
申請書への意見書の添付 (14 条)	・申請書行政機関の意見書を添付 事業区域が他の事業によって既に使われている場合は当該事業者事業区域に法令の規定による制限があるときは権限を有する行政機関 事業免許、許可を行う当該行政機関	・他の公共公益的施設への影響、公益性等を確認する	・事業者が意見を求めた日から三週間を経過しても得ることができなかったときは添付することを要しない
行政機関意見聴取(18 条)	・必要な場合、国土交通大臣(知事)は意見を求めなければならない	・他の公共公益施設への影響等を確認	—
説明会の開催等(19 条)	・国土交通大臣(知事)は事業者に説明会の開催等を求めることができる	・住民への周知	—
使用認可の告示(21 条)	・認可権者が使用の認可をしたとき、使用の認可を受けた事業者へ通知 ・認可の内容を官報等で告示	・使用認可に法的効力を生じさせる	・国土交通大臣は図面を知事へ送付。知事は告示を国土交通大臣に報告

表 4.35 都市計画法における手続の目的と意義、調整の規定

	主な内容	主な目的・意義	調整手続に関する規定
市町村の都市計画に関する基本方針(18 条の 2)	・市町村が決定 ・市町村の都市計画の方針として定める	・都市の将来像、市街地像や整備方針等を定める	・公聴会の開催等住民の意向を反映させて作成
都市計画案の作成(公聴会の開催等)(16 条)	・都市計画の原案を作成する住民参加手続	・住民意見を反映した都市計画の案を策定する	・必要に応じて公聴会、説明会の開催等の措置
関係市町村の意見聴取(18 条 1 項)	(都道府県決定の場合)	・都市計画決定しようとする案について市町村の意見を反映させる	・都道府県が都市計画を決定するに当たって市町村の意見をきく
案の公告及び縦覧(意見書の提出)(17 条)	・公告の日から 2 週間、都市計画の案を縦覧	・案の内容を利害関係人や一般住民に周知し、その意見を反映させる	・関係市町村の住民及び利害関係人は縦覧期間中に意見書を提出できる
都市計画審議会(18 条)	・学識経験者等により構成 ・都市計画に関する事項について調査審議を行う	・都市計画の案について調査審議し、関係行政機関に建議する ・学識経験者の意見を反映	・関係市町村の住民及び利害関係者より提出された意見書の要旨を都市計画審議会に提出

建設大臣の同意 (18条3項)	(都道府県決定の場合)	・都市計画決定しようとする案について国の利害との調整を図る	・大都市及びその周辺に係るもの又は国の利害に重大な関係があるものは建設大臣同意が必要 ・免許、許可等の権限を有する国の行政機関の長に協議が必要
都道府県知事の承認 (19条4項)	(市町村決定の場合)	・都市計画決定使用とする案について都道府県との調整を図る	・市町村の区域を越える広域の見地からの調整 ・都道府県が定める都市計画との適合を図る
都市計画決定 (18条)	・都市計画を決定する。 ・都道府県または市町村が決定	・都市計画が定められた土地の区域に係する権利者などの権利に一定の制限を加える	・都市施設に関するものは、あらかじめ管理者との協議が必要 ・決定後は告示し、図書の写しを関係行政機関に送付、図書を縦覧
都市計画事業認可 (59条)	・建設大臣又は都道府県知事が認可又は承認	・都市計画事業の施行権能を付与する ・収用法の事業認定見なし ・事業区域内での建築等に対し制限を加える	・都道府県知事が認可する場合、関係地方公共団体の意見聴取が必要。 ・認可後は公告し事業の施行について周知を図る

両者の法律の趣旨から、手続的な問題としては、①大深度地下使用法の事前の事業間調整と市町村の都市計画に関する基本方針（都市計画マスタープラン）、都市計画の原案との関係、②大深度地下の使用の認可と都市計画決定、都市計画事業認可の関係についてどのような手続で考えるのが論点であるといえる。

①の論点については、事前の事業間調整と都市計画マスタープラン、都市計画の原案の3つの手続きをどの順でおこなうべきかといった手続的な問題に対して、各々の法律の趣旨に照らしてどれが適切かが問題となる。

この場合、都市計画を具体に進める時期との関係もあるが、都市計画の原案が決まったより後の段階では、事業者の話し合いによって施設の配置を変えることは不可能であり、大深度地下使用制度における事前の事業間調整の意味がなくなるとともに、一方、都市計画には事業間の調整の仕組みが十分用意されていないことから、都市計画の原案は事前の事業間調整の内容を踏まえて策定する必要があるといえる。

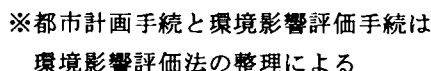
都市計画マスタープランと事前の事業間調整の関係については、事前の事業間調整は、当事者同士で直接調整を行うものであることから、都市計画マスタープランに先だって事前の事業間調整を行う場合には、この内容を、都市計画マスタープランに反映させることが重要であるといえるとともに、逆に、事前の事業間調整に先立って都市計画マスタープランが策定されている場合には、この内容を判断材料として、事業間の調整を図るべきといえる。

このように、都市計画マスタープランとの関係では、手続的な前後を議論するよりは、相互の進捗状況を踏まえながら実質的に密な連携が図られるよう体制を整える必要があるといえる。

②の論点については、大深度地下使用制度は現状における用地買収と同様の行為であり、法律においても、事業を確実に実施できる見込みがなければ、使用の認可を行わないこととしており、都市計画の手続を踏む事業に関しては、都市計画決定、都市計画事業認可の後に使用認可申請がなされるべきである。

なお、都市計画と環境アセスメントの関係は、都市計画法、環境影響評価法の中で、厳密に決められており、大深度地下使用制度と都市計画との関係が明確になれば自ずから定まるものである。

(環境影響評価の流れ) (都市計画制度の流れ) (大深度地下使用制度の流れ)



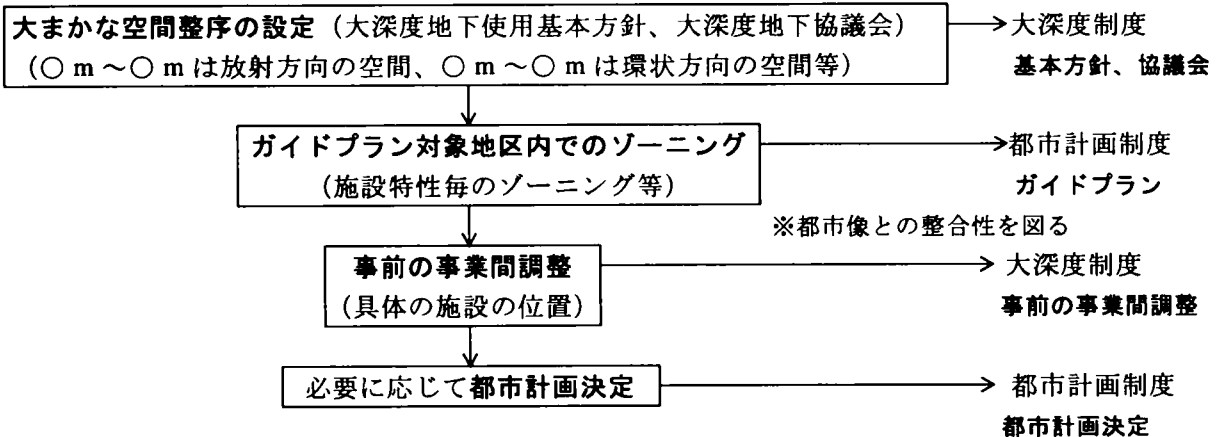
(2) 地下利用ガイドプランの見直しと活用

この場合の連携及び役割分担については図 4.32 のように考えられる

決定した具体の施設の位置については、都市計画決定によって、排他的に空間の確保を行うことにより、円滑な事業の実施が行えるものとする。

対象エリア

大
↑
↓
小



※地下利用ガイドプラン対象地区のみ有効

図 4.32 大深度地下におけるガイドプランとの連携方策

これを実現するためのガイドプラン制度を見直すポイントとして考えられるのは、

①対象地区の選定方法の見直し（対象地区の拡大）

現在は、「イ 土地の高度利用が必要となる中心市街地等の地区、ロ 面的開発地区のうち、相当規模の開発であって土地の高度利用の一環として地下利用が想定される地区、ハ 地下鉄道、地下駐車場等の地下の交通施設の整備又は地下交通ネットワークの整備が計画されている地区」が対象地区とされている。図 4.3 に示す東京の地下利用の現状を踏まえれば、ゾーニング的な調整が必要な地区は、かなり広い範囲といえ、選定の要件に新たに、幹線道路、河川の付近で地下利用が輻輳している地区又は路線付近を加えるべきといえる。

逆にいえば、ここ 10 年の地下利用の進展状況を踏まえれば、今後の都市の地下利用の上で、効率的な実施のために調整が必要な区域はどこかを考えることが重要である。

東京では、既に大規模な地下埋設物が設置されている環状 7 号、8 号線、地下鉄路線が入っている放射道路付近については、利用調整を行わなければ、将来の事業に支障となることが想定され、対象区域に該当させるべきといえる。

②策定メンバーの見直し

現在、地下利用計画策定委員会のメンバーとしては、「都市計画及び建築担当部局、道路等の公共施設管理者」としており、全ての地下利用事業者がメンバーとはなっていないわけではない。このため、十分な情報交換、意見調整が図られているとはいえず、このことが、後で問題を生じている場合が多い。地下に埋設される施設は、それぞれ都市活動には不可欠な施設であり、地下利用を行う各事業分野もメンバーに入れることが必要である。

③原案作成者の見直し

現在は、原案を作成するのは、原則として都市計画部局であるが、道路、公園の地下利用については、案を当該施設の管理者が作成し、これに基づいて都市計画部局が全体の原案を作成することになっている。

地下利用に際して道路を縦断的に利用せざるを得ない状況では、道路管理者の意向が強く反映されるべきであり、道路、公園については管理者が原案を作成しているといえるが、大深度地下使用制度により、縦断的な道路の利用に加えて、横断的な道路の地下利用が今後増えてくることを考えれば、道路管理者が作成する意義は薄れてきたと思われる。さらに、これらの土地の地下も、国民共有の財産であり、原案については、都市全体の観点から一元的な組織が作成し、原案が道路、公園の管理に支障があるかどうか、後で協議する仕組みとし、都市像と一体となった地下利用を行うことが必要である。このため、地下利用のかかる計画策定の主体は、都市像と一体となって原案を作成する立場の

機関である都市計画部局が作成する必要があるといえる。

④策定過程における透明性の確保

作成過程は、一切公開されておらず、どのような原案が協議されているのか全く外部にはわからない。また、計画のうち公開される内容も、都市計画の「整備、開発、保全の方針」に短い文章で記述されるだけである。これらの内容が公開されれば、例えば、民間建築側が早い段階から地下ネットワークのとの接続を考えた開発を構想したり、各事業者の計画のチェックも可能である。テロ対策などセキュリティの問題から、公開が難しい情報もあるが、支障ないものはできるだけ公開することが必要である。

また、現在は、地下利用についてどのような調整が行われているのか一切国民は知ることができない、この点についても改善を図るべきといえる。

⑤地下空間利用のあり方の整理

現在の地下利用マスタープランは複数の事業の調整を行う利害調整型のものであり、都市のために地下空間をいかに利用していくのかという戦略型の計画となっていない。都市機能の再編成には、地下空間の高度利用が必要となっていることは、諸外国の例からも明らかであり、調整型の計画から、積極的に都市における地下利用の姿を描く戦略型の計画への変更が求められているといえる。

このためには、そもそも都市において地下空間を何に利用していくのかという根本的なことについて、議論をすべきであり、都市における地下空間の価値、利用のあり方を示す必要がある。

(3) 立体都市計画制度の活用

図 4.33 に示す通り、都市計画ガイドプランを活用した場合は、これにより即地的なゾーニングが行われ、これを踏まえ、事前の事業間調整が行われることとなり、都市の全体像との調整が行われるが、これに漏れる地区では、このプロセス（ガイドプラン）を踏むことがないため、都市計画の手続を踏まない事業については、都市の全体像との調整を図る機会がない。

現在は、都市計画の手続を踏むかどうかは、事業にメリットがあるかどうかという観点、すなわち、事業者側の判断にゆだねられているが、都市の全体像との調整を行う観点からは、都市にとって戦略的な施設は全て立体都市計画制度を活用して都市計画決定を行うべきといえる。

したがって、各事業者が都市計画を行うメリットがあるかないかを判断する仕組みではなく、都市において果たすべき役割によって重要なものは都市計画決定すべきであり、都市高速道路、鉄道等の施設はいえうまでもなく、エネルギー供給等の基幹ライフライン等、物流、廃棄物処理系統等についても都市計画の手続により位置付ける運用を行うべきであるといえる。

	対象地域の拡大	
	ガイドプラン対象地区	← ガイドプラン対象地区外
都計決定を行っている事業 —— ↑戦略的な施設 ——	ガイドプランを活用して都市像と調整	都市計画決定により都市像と調整
都計決定を行っていない事業		都市像と調整不可能

ゴシック、黒矢印（➡）が今後の方向性

図 4.33 地下利用における都市制度の適用関係

(3) 空間の連続性の確保のための都市計画の活用

この他、大深度地下→浅深度地下→地表と連続的に空間を利用する事業については、空間を連続的に確保できなければ事業の実施のめどがつかないことから、今般新たに制度化された、立体都市計画

制度を活用して、空間の確保を図ることが考えられる。

この場合、ガイドプラン対象地区では、ガイドプランで一連の空間を位置付けることができ、大深度と浅深度、地表との連続性が制度上担保できるが、対象地区以外では、まず、大深度制度の事前の事業間調整で大深度部分の位置を決めてから、都市計画決定で浅深度、地表部分の空間を確保することとなり、都市計画決定段階で、事業に変更が生じた場合は、事前の事業間調整の内容に遡って変更する必要が生じるなどの問題が生じることも想定されることから、実務的な連携を図り、齟齬が生じないように注意する必要がある。

(4) 都市計画制度との連携方策のまとめ

結局は、都市計画制度も大深度地下使用制度もその手続を踏むかどうかは、任意であり、任意の制度同士で連携を図ろうとすることから、様々な問題が生じているといえる。

任意性のゆえに、何らかのメリットを付与して制度に取り込むことが考えられるが、原則論としては、都市に必要な施設は都市計画に位置付けて、都市像を描くべきであり、両計画を連携させるにあっても、これを基本として考えるべきである。

具体のツールとしては、都市計画には地下利用ガイドプラン、立体都市計画制度、大深度地下使用制度には、大深度地下使用協議会、事前の事業間調整があり、これらを有機的に連携させることが必要である。特に、地下利用ガイドプランは有効なツールであるが、制度創設時点では想定していない大深度地下使用制度、立体都市計画制度が誕生しており、さらに、地下利用に対する意識もこの10年で大きく変化していること、また、地方分権に伴い通達は廃止されることから、通達に基づく制度である地下利用ガイドプランも変容を迫られており、見直しをするよい時期になっていると思われる。

この際、現在でも事実上、都市計画を行うことが必須となっている道路、鉄道、下水道に加えて、都市機能に必要な基幹ライフラインについても、都市計画の中で位置付け、戦略的な都市づくりが可能となる必要があるといえる。

都市の動脈、静脈をどのように確保するのか、地下空間を活用した都市づくりのため、都市計画制度と大深度地下使用制度との連携を図った運用を図るべきである。

4.8 地下空間計画学の必要性

大深度地下使用制度は、今までの発想と異なる事業の実施や事業手法を可能とするものであり、今後、様々な面で今までの地下空間利用の発想の転換を必要とする制度といえる。

しかしながら、様々な事項について、学術的裏付けを確かなものとすることは現状のレベルにおいては難しいのが実状である。本章においても、空間の整序や施設の配置について検討を加えているが、常識的な面から見て、どうあるべきかを議論しているに過ぎず、定量的、数値的に分析し、これらの結論を導き出しているわけではない。

このような定性的な判断基準では対応できない場合に備え、今後、定量的なアプローチ方法を研究する必要がある。その場合において、大深度地下を対象とすることにより、現在までの地下空間計画学と異なる点としては、

一つ目は今までの費用便益分析など事業効果の評価においては、その事業単独の事業効果、もしくは、それに波及経済効果を加えて評価を行い、判断を行っていたが、地下空間については、地下空間が残された貴重な空間であるという特性に鑑み、空間利用としての費用便益分析が必要となることである。

これは、単独の事業の実施が有利なことのみだけではなく、全体を見回して、空間利用として総合的に何が望ましいのかを定量的に判断するもので、本来、地表の計画においても、この考え方は必要なものであったといえるが、特に地下空間の特性からは強く要請されるものである。しかしながら、

現在までこのように空間全体の有益性を評価する試みはなく、今後の、研究課題といえる。

二つ目は、個別事業の費用便益評価における、地下空間の扱い方の問題への対処である。例えば、連続立体事業を高架方式で行う場合と地下で行う場合とは、通常で建設費で約3倍の違いがあるとされており、このように単純な費用便益分析では、常に、評価が下がることとなる。しかしながら、地下利用の便益としては、都市景観などアメニティの向上、環境保全等の効果があり、これらを定量化して、評価できるシステムが必要である。

現在、このような効果を地価で換算するヘドニックアプローチ、住民の支出額に換算する仮想金銭化法などの様々な新しい評価手法が提案されており、どのような場合に、どのような評価手法を、どのように適用するのか、評価手法として確立することが必要である。

三つ目は、時間軸の概念の導入の必要性である。将来の維持管理のコスト含めたライフサイクルコストについて考慮に入れるのは当然のこととして、これに加え、空間利用としての時間軸、将来事業を行う際の使い勝手のよさが残されているかどうか等についても考慮すべきといえる。

また、例えば、アメニティの向上がいわれ始めたのはここ数十年のことであるように、時間が経過すれば、様々な項目について評価が変化することは当然で、時代時代の理想の都市像が変化していくことも視野に入れつつ、このような不確定な要素も時間軸という概念に付与することにより、評価することが必要といえる。

四つ目は、人間の感性の評価の重要性である。地下空間は地上空間と比べて、快適性、安全性等の確保で劣る面があり、地下利用計画に当たっては、これらへの配慮を総合的に判断する必要がある。

例えば、これらのハンディを補うための手法として、大きな空間には中柱を建て、空間の折れ曲がり演出し、空間が閉鎖性を感じさせない手法や、擬窓を設ける等の手法があり、利用者の感性も含めて総合的に判断を行う必要がある。

いずれにせよ、図 4.34 に示すこれらの分野は、今後の検討がなされる分野といえ、発展が期待される。

地下空間計画学

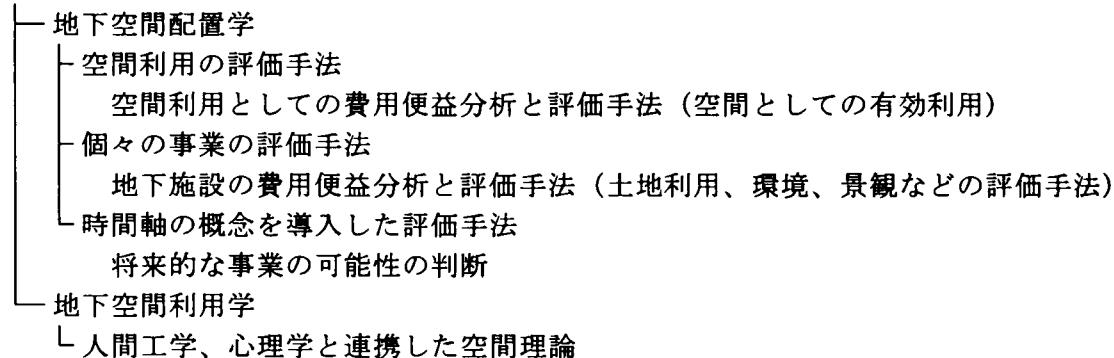


図 4.34 地下空間計画学の体系

4.9 結論

本章では、主に大深度地下を適正かつ合理的に利用していくための方策について述べた。

大深度地下空間は都市に残された手つかずの貴重な空間であり、早い者勝ち、虫食いの的に利用されないため、制度的な仕組みと、これの学問的な裏付けが必要である。

過去の地下利用の問題点を反面教師として検討を行い、制度の枠組みの準備はできており、今後、これにどのような魂を盛り込むのかが大きな問題といえる。

このためには、様々な今後の実績の積み重ねからの知見や、多くの議論が必要である。

本章では、大深度地下利用のあり方、共同化の方法、都市計画との連携方法の3点について論じた。

大深度地下利用のあり方としては、将来的な地下利用の推進のために空間整序の構築が必要であることを結論として導き出している。

共同化に関しては、過去の共同化の事例を整理し、費用負担の方法、維持管理の方法等をメニュー化して提示した。これにより、円滑に共同化が実施されることが期待される。

都市計画との連携については、相互の制度をどのように補完して、運用していくべきかを述べた。

大深度地下利用は、今後、運用される新たな制度であり、効率よく地下空間を利用していくためには、このような計画論の構築が必要であるといえる。

狭い道路空間をいかに利用するのかということを重視してきた段階から、地下利用の可能性はかぎりなく広がったといえ、この空間をどのように利用していくのか、本稿が、地下利用のあり方が広く議論されるきっかけになればと願っている。

参考文献

- 1) 中村隆良、今石尚、大坂衛：漏水のないトンネルに挑戦：トンネルと地下 1998.2
- 2) 建設省都市局：地下空間の計画と整備
- 3) 大阪市：都市計画区域の整備、開発又は保全の方針
- 4) 臨時大深度地下利用調査会：臨時大深度地下利用調査会答申：1998

第5章 大深度地下空間活用のための情報基盤のあり方

5.1 概説

現在まで、地下利用に関する情報について、統一的に収集・整理されたことはなく、地下利用を計画するに当たって、まず、この情報収集に多大な時間と労力が必要となっている。

また、事前に情報を十分集めることができないため、場当たりの事業を実施せざるを得なかった事例も多く、また、近隣地にボーリングデータがあるにもかかわらず、新たに地質調査を行うなど無駄が多い。

これらの情報が事前に十分得られるならば、様々な条件やルートを検討でき、円滑な事業の実施に資するものと考えられる。特に、大深度地下は深い地下であり、調査に費用、時間がかかることから、地下情報の整備が強く求められている。

大深度地下法ではこれを踏まえ、第8条として

(情報の提供等)

第8条

国及び都道府県は、公共の利益となる事業の円滑な遂行と大深度地下の適正かつ合理的な利用に資するため、対象地域における地盤の状況、地下の利用状況等に関する情報の収集及び提供その他必要な措置を講ずるよう努めなければならない。

としており、今後、政府として、現状の問題点、将来のニーズを踏まえて地下利用に関する情報の整備を進めることとなる。

本章では、5.1で現状を踏まえた情報基盤の必要性について述べ、5.2で海外の先進的な事例について調査した結果を、5.3で国内の地下情報の整備状況、5.4で情報基盤の基礎となる地盤解析ソフトの開発状況を述べ、5.5で今後の情報基盤の整備の方向性について述べる。

5.2 大深度地下利用における情報基盤の必要性

現在までは、地下利用は道路地下の利用を前提としていたため、ルートの選択肢としては既存のどの道路を選択するか程度の自由度しかなかったが、大深度地下使用制度により、大深度地下という制約はあるものの平面的にはあらゆる場所の地下利用が可能となり、ルート選択の自由度は飛躍的に増大することになる。

一方、ルートを選択するためには、地盤の情報、埋設物の情報を多数収集する必要があるが、ルートの選択肢が広がったことによりさらに多数の情報が必要になるといえ、情報を一元化し、効率的に事業の実施ができるようにすることが求められている。

しかしながら、これらの情報を効率的に収集する仕組みは十分といえず、このため、効率的に事業を実施ができなかった事例も過去に多くあり、地下利用に関する情報基盤の整備が強く求められているといえる。

5.2.1 現在における地下埋設物情報の入手方法

現在は、各種地下埋設物の位置を確定するため、図5.1に示す手順を踏んでいる。

煩雑な手続きを要するとともに、得られるデータに対する信頼性の問題から、相手事業者の現地立ち会いのもと、試掘等を行い、埋設物の位置確認を行う必要がある。

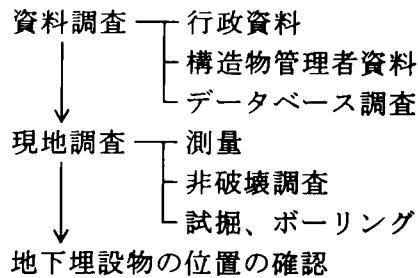


図 5.1 地下埋設物の位置の確認方法の流れ

(1) 資料調査の方法

道路地下について、既存の地下埋設物の情報は、道路管理者が一元的に管理を行い、道路台帳を作成しているが、事業に当たっては、正確さを期すとともに、万が一の場合のことを考え、それぞれの管理者に問い合わせ、位置の確認を行う必要がある。このため埋設物の管理者毎の台帳をそれぞれの閲覧場所で照会、閲覧し、必要な地下情報を収集している。

しかしながら、標高や基準点座標の取り方、図示の方法等様式は様々であり、これらを一元化するためには編集作業等が必要で、とりまとめに多大な労力を要しているのが現状である。

東京を例にとると、各資料を収集するための閲覧先は表 5.1 の通りである。

表 5.1 地下埋設物に関する閲覧場所（東京の例）

調査内容	管理者、企業名	閲覧場所
道路台帳	国道	建設省関東地方建設局東京国道工事事務所管理第1課 (万世橋、代々木、亀有、金杉各出張所)
	都道	第一～第七建設事務所管理課道路台帳係
	市道	各市役所土木部管理課
	区道	各区役所土木部管理課
電話線	NTT	各支店設備課、ME 立合センター
下水道管	都下水道局	施設管理部台帳閲覧室
水道管	都水道局	各営業所工務係／配水調整係
高圧ケーブル 送電ケーブル	東京電力	各電力所地中線課
		各支店流通設備部配電課
ガス管	東京ガス	各導管ネットワークセンター導管管理課／埋設物調査室
地下鉄	東京都交通局	工務部保線課
	営団	工務部工務課
公函	法務局	各出張所

近年、コンピューターの性能の向上により、各事業者とも地図データ、地下埋設物データをデータベース化し、GIS として処理することが進められているが標高の取り方、ベースマップ、基準点座標の取り方等に関して整合性のとれたものとはなっていない。この現状については、「5.4.1 地下埋設物情報の整備状況」で詳しく述べる。

(2) 現地調査

最近埋設されたものは、台帳の通り埋設されているものが多いが、古くに埋設された施設は、現地埋設位置と台帳記載位置とで違いがあることが多く、現地調査を行い、埋設物の位置の確認が必要となる場合が多い。

埋設位置が図面と異なっていたり、現地立ち会い確認を行わなかったため、既存施設に接触した事例は数多くあり、埋設位置を精度よく調査する手法の開発が続けられている。

埋設物の調査方法としては、あらかじめ台帳などで調べた上で、信頼性に問題がある場合には、非破壊試験により場所を確認し、最後に試掘により確かめ、埋設者の立ち会いのもと確認を行うことが多い。

非破壊調査は、レーダ、電磁波、弾性波等により地下埋設物の位置を把握するものであるが、調査に伴い現状施設の変更（掘削など）を伴わないことから、今後の埋設物調査の手法として期待されている。主な手法は表 5.2 の通りである。

表 5.2 主な地中埋設物の非破壊探査方法

	地中レーダ	電磁誘導法	音波法	磁気探査
概要	地中に向け電磁波を発射し、埋設物の反射波を受信	接触又は非接触で金属管に磁界を発生させ、地上で受信	水道管内に信号音波を伝播させその信号を地表で受信受信	鉄類埋設物の磁気を検知して位置、深度を検出
特徴	地表から迅速に探査可能 短時間かつ高精度	手軽に実施 管に沿った線形的探査 磁界の発生方法が難	水道管の探査用 消火栓等に発振器をセット	ボーリング孔を利用することにより深部(50m)まで可能
探査深度	2～3 m	2～3 m	2 m	50m (ボーリング孔利用)

地中レーダ、電磁誘導法、音波法は迅速にかつ高精度で探査することは可能であるが、いずれも探査深度は2～3 m程度と浅い。一方、磁気探査等はボーリング孔を利用することにより、深部の探査が可能であるが、先見情報として対象物の概略の位置情報などが必要となってくる。両者とも、周辺地盤の状況等により、探査能力、精度等に影響を受け、100%の信頼性で検知することができないのが実状である。

したがって、必要に応じ、代表的な箇所や断面で試掘、ボーリングにより直接構造物の位置を特定することが行われる。

直接的な調査方法を表 5.3 に示す。対象物の深さによって調査方法は異なるが、対象物を破損しないこと等の制約条件が多く、慎重に調査を行うことが必要である。

表 5.3 主な地中埋設物の直接的な調査方法

	試掘調査	ホーローボーリング調査	ボアホール調査	ボーリング調査
概要	周辺地盤を掘削して対象物を露出させ、直接目視確認	ハンドホーローを地中に押し込んで先端に接触させることで確認	ジェットニングによりケーシングを建て込み、土砂を除去し目視確認	ボーリングの先端が接触することにより確認
備考	掘削は手堀り中心	人力で行う比較的簡易な方法		構造物を破壊しないようにプラスチックビット等を使用
調査深度	2 m程度	5 m程度	10 m程度	20 m程度

このように様々な調査を組み合わせ、埋設物の位置の確認を行うが、費用、時間がかかるものであり、本来、地下埋設物位置の管理をしっかり行い、埋設物調査を行わなくとも済むようにすべきといえる。

5.2.2 大深度地下利用における情報基盤の必要性

現在行われている現地調査については、各施設が道路地下に埋設されていることから、道路の一時使用の許可を得ることにより試掘等の調査が可能である。

しかしながら、大深度地下使用制度を活用する場合は、民有地地下が利用の中心であり、強制的に調査をできる仕組みを法制度上用意しているといえども、建築物が現存していたりなどして、ボーリングの実施には多くの制約がかかることが予想される。

また、現状の調査技術では一応地下 20m までが調査可能とされているが、仮に 40m 以深の調査が可能となつてとしても、このためにコストをかけることは事業の経済的、効率的な実施の面からは問題があるといえる。

特に大深度地下は、深い地下であり、物理探査について、十分な精度が得られる保証はなく、ボーリングを行うにしても、コストなどの面で様々な問題がある。

したがって、大深度地下に何が埋設されているのか、きちんと管理を行い、一元化した情報として整備することが重要である。

この際、単に大深度地下使用制度を利用して設置された施設だけでなく、これに近接するような浅深度地下の埋設物や建築物基礎、土留め壁などの仮設構造物、地盤改良範囲等についても情報として整備をしておけば、将来の事業の実施に当たって有益である。

5.3 海外における地下情報の整備状況

情報基盤のあり方を検討するに際して、地下利用が進展している海外においても同様の問題を抱えていると考え、それぞれどのように対応しているのかを調査した。

我が国と同様に地下鉄等による利用が輻輳化しているパリ（フランス）と気候、軍事上の利用等の理由から地下利用が進展している北欧のヘルシンキ（フィンランド）及びストックホルム（スウェーデン）の3都市について現地調査を行った。

調査は、現地で担当者からヒヤリングすることにより行った。

【調査概要】

調査期間 2000 年 3 月 31 日～4 月 7 日

調査機関 パリ : 地下利用協会 (Espace Souterrain)、パリ市都市計画局 (地上及び地下地図作成チーム)、設備交通住宅省 (科学技術研究部)、パリ交通公社 (RATP)

ヘルシンキ : ヘルシンキ市 (都市計画局、不動産局測量部、不動産局地質部)、環境省

ストックホルム : スtockホルム市環境管理事務局、ストックホルムコンサルタント、スウェーデン地質調査研究所

調査項目 地下情報データベース、地下利用マスタープランの有無
地下情報データベースに組み込まれている内容
地下情報の整備主体、整備開始時期
地下情報の収集方法
地下情報データベースの具体的活用法
地下情報データベースの整備費用
地下情報を整備する以前の問題点
運用上の問題点及び課題

5.3.1 パリにおける地下情報の整備状況

パリは、下水道の整備が 1800 年代の当初から始まっており、地下利用についてはおよそ 150 年前にはほぼ今の姿となったといわれている。その後、空いた空間に少しずつ施設を設置しており、現在では、文化、スポーツ施設、地下鉄、地下駐車場、郊外高速鉄道(RER)、地下鉄、貯水池、運河、上・中・下水道、電気、ガス、通信の施設が道路地下に設置されている。新たに地下を利用する施設は、既存の施設を避けて設置するため、深い位置に設置せざるを得ず、新たに建設された新地下鉄システム(METEOR)は平均深度 25m を超えている。

このような状況は日本とよく似ており、問題意識としても共通の課題が多い。

(1) 地下利用に関する法律の存在

地下利用に関する法律はなく、都市計画法や土地収用法をもとに地下利用を行っており、利用に当たっての地上と地下の区別はない。

土地を収用する権利は、1789 年の人権宣言まで遡り、財産権は神聖な権利として、公的必要性を明らかにした場合を除き、事前の正当な補償がない限り、誰もこれを奪うことができないとしている。

手続きとしては、①公益性について議論の余地がない、曖昧さがないこと、②公共のための利益が、損害よりも大きいこと、③他の手段をとることができないことを確認した上で、行政庁が「公益性確認宣言」を出す。その後、収用対象の土地等の財産を確定するための聴聞手続きが行われ、譲渡・収用が可能であることを確認する知事の収用許容決定が出される。裁判所は、これらの行政手続きが適法に完了していれば、8 日以内に収用命令が判決され、所有権は事業者に移転し、補償金の支払いがなされると被収用者は立ち退くこととなる。

補償金の額は、収用判決後、まず、示談により決定されるが、1 ヶ月後に合意が得られない場合は、収用裁判官が補償額を決定する仕組みとなっており、全体の 6～7 割は示談で決定するようである。

地下空間の補償については、地下水レベルもしくは岩盤レベルまで深くなれば補償は不必要という考え方があり、パリにおいては、一般的ルールというわけではないが、1972 年に元土木技師ジャック・ラサール氏が作成したラサール表(表 5.4)に基づいて額を決定する方式が使われることが多い。

表 5.4 ラサール表

深さ	地下の価値 (%)
0 から - 3 m	3 0 %
- 3 から - 6 m	1 5 %
- 6 から - 9 m	1 0 %
- 9 から - 12 m	7 . 5 %
- 12 から - 15 m	6 %
- 15 から - 18 m	5 %
- 18 から - 21 m	4 . 5 %
- 21 から - 24 m	3 . 5 %
- 24 から - 27 m	3 %
- 27 から - 30 m	3 %
- 30 m より下	0 %

(2) 地下利用マスタープランについて

パリでは、各施設に対する個々のマスタープランは存在するが、これらの情報を統合した地下マスタープランは存在しない。一方、地方都市レベルでは、リヨン、ボルドー、リール等で地下マスタープランを作成し、地下利用に関する情報を一元化しようとする動きがある。

また、パリでは、地下利用についての調整のルールはなく、工事計画の調整は当事者相互で話し合いで決めており、少なくともパリ市都市計画局はノータッチである。

RATP では、道路地下を利用して路線の建設を行っているが、道路管理者が、空間がバッティングする地下道路を建設する際には、無条件で、路線を明け渡さなければならない、かなり道路サイドの権限が強いようである。

過去のルーブル、デファンスなどの大規模プロジェクトは地下開発のための特別法を立法し、公社を設置して実施している（公社方式）。

(3) 地下情報データベースの整備状況

パリでは、歴史的背景として、地下から建築材料（石灰岩）となる石材を濫掘した時代があり、1774年に大規模な陥没事故が発生している。このため、1813年から採石が禁止されているとともに、採石埋蔵量地図というかたちで空洞位置を示す地図を完成させている。地下空洞の延長は 300km に達しているといわれている。

パリの 1500km の公道について、地表、地下の地図を作成する作業が進められており、地表面部分は完成し、現在地下地図を整備中である。

1978 年から地図の作成が開始され、1989 年からコンピューターが導入されている。当初より地上優先で作成していたが、これが完成したことから、1999 年末より地下地図の作業に本格的に着手している。地下地図の現在の進捗状況は 10～15%程度である。

地図は、簡略版と詳細版があり、簡略版は縮尺 1/1000 で、パリ市のイントラネットで閲覧が可能である。詳細版は縮尺 1/200 で、主な地点について整備がされている。図 5.2 に詳細版の地図を示す。

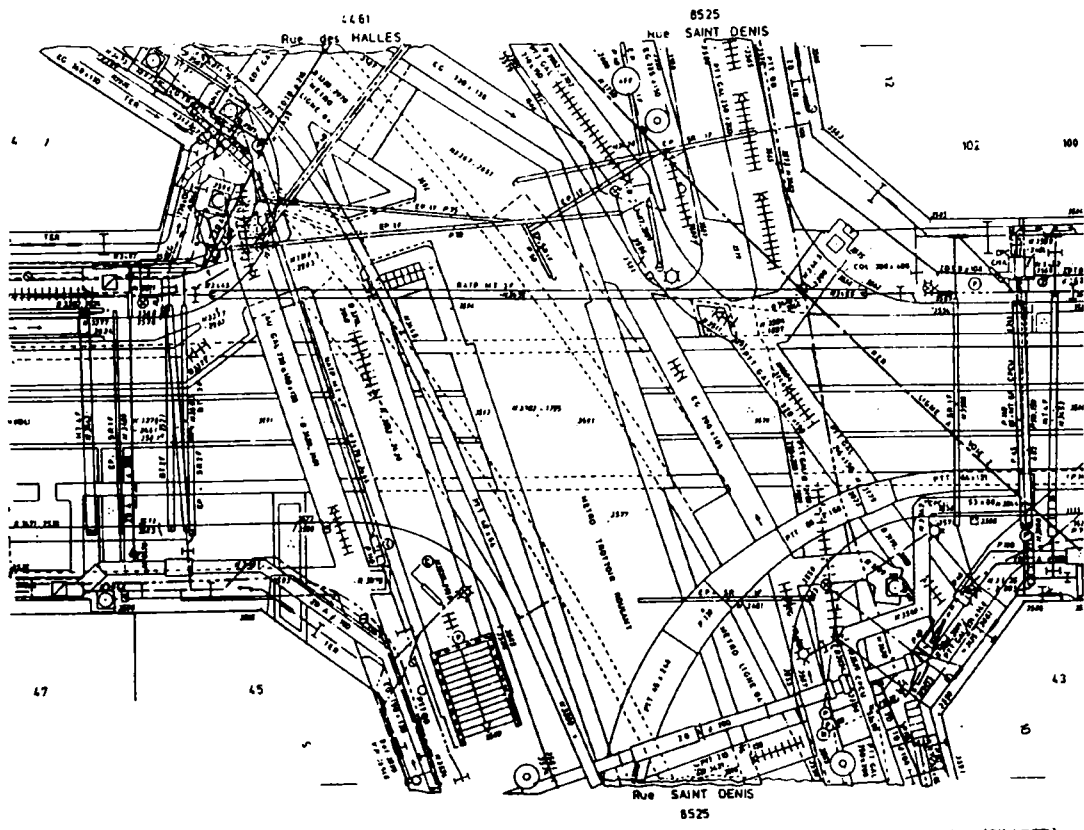


図 5.2 パリの道路地下地図（詳細版）

一方、地下施設を有する各機関はデータベースを所有しているが、これらの情報は形式がちまちまであり、相互に連携することは不可能だが、個々の問い合わせには迅速に対応ができるようである。

また、RATP は独自に 600 本のボーリングデータをデータベース化し、これを公開しており、情報の公開は様々なレベルで行われているようである。

なお、国家地理情報カウンセリング (CNIJ) では、民間と公共が持っている地理情報を一元化することをめざして作業を行っている。この場合も道路地図と同様にまず地上を整備し、次いで地下を行う順で検討されている。

(4) 地下情報の整備主体と財源

道路地図の整備は、パリ市が実施してる。

パリ市では、地上も含めて道路地図の作成のために 40 人（市の職員 12 人、外注 28 人）が携っており、年間予算は 700 万フランとなっている。

パリでは、整備費を捻出するため、ボーリング経費の 3% を税金として徴収し（市の政令で義務化）、これを財源の 1/2（350 万フラン）としている。

このようなことが実施できるのは、地下空洞が多いというパリの特殊事情と、道路地下地図の有用性を多くの人々が認識しているからと思われる。

(5) 地下情報の収集方法

パリ市の条例では、地下に施設を埋設した事業者は、工事終了後 3 ヶ月以内に、地下施設の情報をパリ市に登録することとなっており、これを既存情報に付加し、情報を随時更新することになっている。

(6) その他

現在、都市計画法の改正が準備されており、これにあわせ、「地下整備に係る知識の改善に関する法案」が地下利用協会 (Espace Souterrain) から提案されている。

主な内容としては、①各種法案（都市計画法、民法）への地下の概念の導入、②地下を専門とする部署の設置（地下情報管理の一元化）となっている。

5.3.2 ヘルシンキにおける地下情報の整備状況

フィンランドは、他の北欧諸国と比して、地理的にロシアに近く、またロシアに 100 年、スウェーデンに 650 年支配された歴史的な経緯から、国防意識が高く、それは地下空間利用にも強く現れている。

ヘルシンキは、都市の中心部が狭い半島上に位置しているため、地価が高騰しており、地下に施設を設置した方が、地上より安価であり、古くから地下利用が行われている。地下利用に対する計画面、情報の整備の面いづれにおいても先進的な事例が多い。

(1) 地下利用に関する法律の存在

新土地利用建築法が 2000 年 1 月 1 日から施行され、上位から国土計画、地域土地利用計画、基本計画、地区計画を体系として、地下利用を行う際には、新たに地下地区計画を作成することが義務づけられている。この地下地区計画の策定なしには地下利用は行えない仕組みとなっている。

従前の法律では、地下開発について、明確な規定はなかったが、今回の法改正で、地下地区計画を作成しなければならないことが条項として新たに記述されている。

新土地利用建築法により、国は枠組みを決めるだけで、計画策定等の作業は地方自治体へ移行しており、地下地区計画も従来の環境大臣が決定する手続きから、市議会の議決による決定へ移行されている。

(2) 地下利用マスタープランについて

したがって、地下利用に当たってはまず、地下利用に関するマスタープランが計画されることが必要である。

地下地区計画は、①全体計画との調和、②コミュニティの安全への寄与、③一般の公益に寄与の3点を目標とすべきであることが示されている。具体的には、住宅はすべて地上に（事務所、店舗は一部地下でも可）、公共空間、工場、交通空間、インフラ、共同溝は地下へという方針となっている。

また、それぞれの施設がどの深度に埋設することが適切であるのかを示した基準もあるようであった。

現在進行中の計画事例としては、ヘルシンキ駅前地区地下化計画（図 5.3 参照）がある。駅前道路は歩行者人数が非常に多く、かつバスターミナルがあることから、道路を横断する回数が非常に多く、歩行者の事故が起こりやすい。このため、幹線バイパス道路を地下化し、大きな地下駐車場と接続するとともに、ロータリー部分をすべて地下で立体交差させ、荷物サービスの地下化、地上の歩行者への開放を行う事業が進められている。この事業においては、地下道路、地下駐車場のルート的大部分は既に建築物が建っている土地の地下となっている。



青い部分：完成済み
赤い部分：計画

図 5.3 ヘルシンキの地下利用計画図（市中心部）

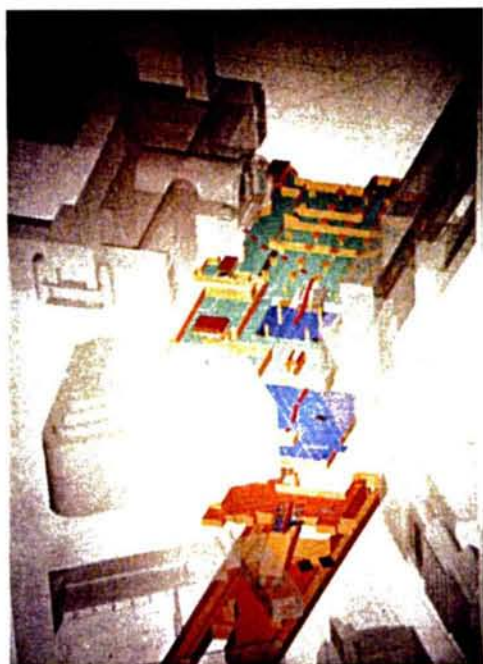
(3) 地下情報データベースの整備状況

ヘルシンキでは、地上、地下のすべての情報（電気、ガス、下水、地域暖房、地下駐車場、軍事施設等）を網羅した地図が作成済みである。二次元地図（2D）は縮尺 1/500 で既に整備済みであり、すべてデジタルデータ化されている。このデータは、ネットワークで各部署（地質部、測量部、水道局、交通部、建設局、都市計画局、エネルギー局）の 1000 台のパソコンとつながっている。

現在、三次元化を進めており、地層や地下埋設物の状況を立体的に表示することができるシステムが開発されている。市全域の約 10%、中心市街地に限れば 40～50%の三次元化が完了している。図 5.4 に三次元で表示されたデータを示す。

また、図 5.5 の建築物の支持層となる岩盤の分布状況を表すため作成された図面のような様々な主題図も作成され、各種開発に利用されているようである。

なお、データベース自体の情報の公開はされていないが、コンサルタント等から請求があった場合は、E-mail やインターネットを通じて情報提供を行っており、実質的には、ほとんどのデータが公開されているといえる。



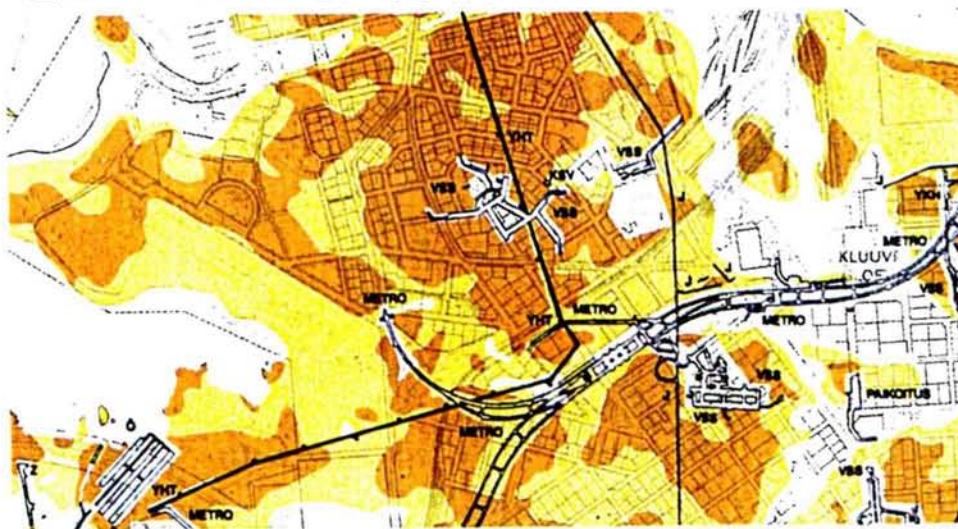
↑ 地下施設のみを表示も可能
 ← 地上の建築物との位置関係も表示可能

図 5.4 ヘルシンキの地下三次元情報の表示事例

Above: Bedrock map of Kamppi showing rock types, rock tectonics, major borehole sites, and the Salmisaari-Ruskeasuo utility tunnel.

Rock resources map showing completed tunnels and available surface rock resources classified in three categories:

- Rock surface 0-3 m
- Rock surface 3-10 m
- Rock surface deeper than 10 m



岩盤の地表面からの深さを色分けして図示している

図 5.5 ヘルシンキの岩盤上面図

(4) 地下情報の整備主体と財源

これらの情報は、ヘルシンキ市不動産局測量部地図課が整備を行っている。現在のスタッフ数は 15 名である。

新土地利用建築法の地下地区計画の義務化により地図作成などの具体的作業、許可権は地方自治体へ移行している。地下地区計画も環境大臣の決定から市議会の議決による決定へ移行されている。

(5) 地下情報の収集方法

民間が実施する事業については、データをもらう契約をしており、常に最新データをアップデートできるようにしている。

(6) その他

ヘルシンキには全体で 700 万 m³ の地下空間があり、人口一人当たり 14m³ の地下空間を有している。各地下施設は核シェルターの機能を有しており、国から地下空間整備に当たって補助が出ている。現在、市の人口の 135%をカバーする核シェルターが整備済みである。これは、フィンランド独自の歴史に裏打ちされた国民性の現れともいえる。

また、ヘルシンキ市の面積の 65%が市、16%が国の所有地である。合計すると 81%が公有地であり、計画的な社会資本の整備が容易となっている。

5.3.3 スtockホルムにおける地下情報の整備状況

ストックホルムもヘルシンキと同様に岩盤上に都市が位置していることから、地下利用は盛んであるが、ヘルシンキのように、それぞれの地下施設にシェルター機能を持たせることについては消極的なようである。

(1) 地下利用に関する法律の存在

地上の土地の所有権は地中まで及ぶとされているが、地下の利用権は地下 2 階 (6m) までとされており、それ以上利用するには行政の許可が必要となっている。基本的には、土地の所有者が通常利用しない空間には事前に承諾を得なくとも、公共施設は自由に利用でき、土地所有者が当該地下を利用する計画を実施していない限りにおいては無補償で利用できるようになっている。この所有権との関係は法律に明記されておらず、実務として、最高裁で争われた結果、このように利用権 (使用権) と所有権は異なるという概念が 1950 年代以降に形成されたようである。

(2) 地下利用マスタープランについて

ストックホルム市では、総合的な地下利用マスタープランが存在する。地下施設の計画に当たっては、既存の道路、各施設の交通関係、地上建築物への影響等を調査し、各施設を立体的に計画、調整していき、総合的に判断した上で地下の施設の建設の許可が得られる。

この際、後述する地下地図において、既存の埋設物、特に、軍事的な意味合いを持つ施設との関係がチェックされるようである。

(3) 地下情報データベース

1974 年に 6m を超える地下利用については、特別な許可が必要とされた。それ以前は特別な許可が不要であり、良質な岩盤に都市が位置していたため「スイスチーズのように穴だらけ」と称されるほど民間による地下利用が高度に行われていた。

これに対し、規制を行うとともに、約 10 年の期間をかけて二次元の地下マップを作成し、この地下マップをもとに、セキュリティ (防災、安全性) や既存構造物 (地下も含む)、環境への影響等を審査した上で地下利用の許可を行っている。地下の公共施設についても、地上の土地利用計画に位置づけられており、各プロジェクトと調整を図った上で許可を与えることとしている。

この地図は、1/1000 の縮尺で、それぞれの施設が鉛筆書きで記入されており、軍事上の機密として、数部が作成されているのみである。したがって、公開はされておらず、公共事業者に対しても部分的な公開にとどまっている。なお、地下鉄等の一般的な地図や地下利用計画図は公開されている。

また、ストックホルム市は、この地図の作成とあわせて 100 万本のボーリングデータを収集し、地下開発の適地を検討したようである。

ストックホルム市では、ほとんどの地下情報がデジタル化されているが、軍事機密に関連する情報 (埋設されている管路や地下駐車場のルート図、深度等) については、デジタル化されていない。また、ボーリングデータについても、調査地点はデジタル化されているが、地盤情報そのものについて

は、図面のままでデジタルとはなっていない。

ヘルシンキでは、情報の多くが公開される傾向にあったが、ストックホルムでは、軍事上の理由から非公開とされているデータが多い。

(4) 地下情報の整備主体と財源

地下施設情報については、自治体が管理している。地図の作成には、1970 年代に 125 億クローネが投入されている。

(5) 地下情報の収集方法

収集する情報により異なるが、地下埋設物一般については、市の都市計画局が民間会社のストックホルムコンサルタントに委託して収集を図っている。ストックホルムコンサルタントは、1993 年に市の地下情報に関する技術的な部門を切り離して公社化した会社である。地質・地盤情報についてはスウェーデン地質調査研究所が、軍事施設についてはスウェーデン市技術局が情報を収集することとなっている。

(6) その他

地下水についても、過去、地下水位変動による木杭の腐敗が発生したことから、井戸掘削に当たって得られるすべての情報を地質調査所へ提出することが義務づけられており、さらに、現在においても 500 の井戸で地下水位を常時観測している。

また、ストックホルムもヘルシンキと同様に市域の 2/3 が公有地であり、計画的な社会資本整備の実施が容易といえる。

なお、ストックホルム市はウラン鉱脈の上に存在しており、毎年 2000 人以上がガンで死亡している。このため、地盤に含まれるウランの量を示すマップが作成されており、市民への注意喚起がなされている。

5.3.4 海外における地下情報の整備の考え方

各都市とも、都市機能の再編成を図るため、地下を活用することが大きなテーマとなっており、このための様々な地下利用にかかる環境整備を行っている。都市機能の再構築には地下利用が不可欠であるのは、日本の状況と同じである。

高度に地下利用を行うため、地下情報については、

①地下情報の一元化（管理部門の一元化）

②地下情報のデジタル化

③地下情報の三次元化

を行うことが趨勢となっている。

また、軍事上などの理由から、すべてのデータを公開するのではないが、データの一元化を行い、非公開データも含めて、地下施設の立地の是非を判断する仕組みをとっており、地下利用に関する行政判断の一元化を図ろうとしている。

5.4 国内における地下情報の整備状況

国内において、地下情報を整備することを念頭に情報整備が行われた例はないが、様々な立場から、その目的に応じて様々な情報が整備されており、これらの蓄積もなされていることから、これらを今後どのように活用するかが地下利用に関する情報基盤の整備の鍵である。

今までに整備されている情報は、施設管理の立場から地下埋設物の情報を管理しているものと、地盤情報を整理するためのものとの2種類がある。

5.4.1 地下埋設物情報の整備状況

地下埋設物については、従来より

①道路管理者が備え付けている道路台帳

②各事業者が、施設の管理を目的としたそれぞれの施設の情報が整備されている。

これらは、地図、台帳ベースで作成されていたが、効率的な管理を目的に、各事業車においてデータベース化が進められた。

東京ガスでは、自社の4万kmに及ぶ管路をすべてデータベース化したシステムを開発した。これをもとに、通常の管理面だけでなく、防災対応、営業支援など様々な面での情報の活用を行うとともに、このシステムを水道事業者や他のガス事業者等へ販売を行っている。

この他、東京電力やNTTのように独自にシステムを開発して整備をしている事業者もある。東京地区におけるデータベースの整備状況を示すと表5.5の通りである。

表 5.5 東京地区において事業者が整備しているデータベースの例

	東京電力	東京ガス	NTT	東京都水道局	東京都下水道局
システム名	地中送電設備計画管理システム	TUMSY	不明	不明	SEMIS
システム開発状況	独自開発	独自開発	独自開発	TUMSYを購入	独自開発
深さ情報	標高、土被り	土被りのみ	標高、土被り	土被りのみ	標高、土被り
深さ情報の与え方	マンホール、管路に付与	一部マンホールのみ	マンホールのみ	一部マンホールのみ	マンホール、管路に付与
座標の与え方	XY座標	XY座標	XY座標	XY座標	XY座標
ベースマップ縮尺	1/500	1/500	1/500	1/500	1/500

これを全公益公共事業者の参画により発展させたのが、(財)道路管理センターによる道路管理システムで、道路地下に埋設されている主要な埋設物のデータベースが構築されている。

(1) 東京ガスの情報システム (TUMSY: Total Utility Mapping System)

TUMSYは、データベース管理ソフト、汎用マッピングソフト、グラフィック処理ソフトの3つの部分から構成される典型的なGISといえる。

データベースソフトに様々なレイヤー(層)(表5.6参照)を整備し、これに業務を支援する様々なアプリケーションを付与している。

表 5.6 主な情報項目とレイヤー

	レイヤー
地域管理情報	建物など地上施設情報、道路地図
ガス管情報	ガス本支管、ガス供給管、その他のガス設備(バルブ、ガバナ、ガスメータ)
顧客、商品情報	住所、電話、購入機器、普及率、買換サイクル
内部営業データ	売り上げ実績、粗利益、シェア、保有顧客数
各種統計資料	人口、世帯数、事業所数、競合、開発予測

例えば、施設管理では、膨大なガス管中から供用年数等をもとに更新対象を特定するとともに、導管網の圧力・流量解析、申請図面の自動作成等が行える。また、通信衛星を利用したモバイル対応化を図っており、携帯端末を利用して、これらの情報を現地で入手することもできる。

防災業務としては、この携帯端末を利用して、通報受付から出動車両の選定、作業状況の管理等まで迅速、正確に行えるようにしている。

営業支援としては、設備投資計画の立案から、新規需用者開拓、サービス活動等を行っている。

コンピューター技術の進歩により、このようなシステムの構築が容易になっており、様々な事業者が自社施設の管理を目的に導入を図っている。

情報は、緯度経度に対応したXY座標系により整備されており、様々なデータベースとリンクさせることが可能な形態となっているが、深さ情報については、一部地点について、その地点の土被りをデータベースとして付与しているにすぎず、地下埋設物の位置を正確に表現するには不十分である。

(2) 東京電力地中送電設備計画・管理システム

基本的なシステムは東京ガスのTUMSYと同様であるが、全体で663のレイヤーに分け情報が入力されている。深さ情報についても、標高、土被りの両方が入力されており、地下埋設物の位置を正確に表現することは可能であり、充実したシステムとなっている。

(3) 道路管理センター道路管理システム (ROADIS: Road Administration Information System)

道路は、生活基盤を支える水道、下水道、地下鉄、通信、電気、ガス等の多種多様な公益物件が輻輳して収容されているが、大都市では、これらの公益物件の管理業務が複雑化し、従来からの平面図、書類と人手による情報の管理では限界となっている。このため、コンピューターで処理を行うことが考えられ、(財)道路管理センターが設置された。当初からシステムとして、東京ガスのTUMSYを導入しており、基本的なシステムの構成は同じである。

道路管理システムが導入されている都市は、現在、東京23区、川崎市、横浜市、千葉市、名古屋市、京都市、大阪市、神戸市、広島市、北九州市、福岡市であり、仙台を除く政令市となっている。

データベースは、表5.7に示す通り、道路に関するデータベースと占用物件に関するデータベースからなっている。

表 5.7 道路管理データベースの主な入力項目

	レイヤー構造	収録項目
道路 地形 データ ベース	道路データ	道路管理区分、境界杭、起終点、車道、歩道、中央分離帯、自転車道、法敷、橋梁、高架部、横断歩道、トンネル、踏切、共同溝、キャブ、CCBOX、ガードレール、側溝、街渠樹、照明灯、道路標識、舗装構成、工事計画等
	地形データ	行政界、地番、街区、河川、鉄道、家形、目標物等
占用 物件 データ ベース	電力データ	マンホール、ハンドホール、地中管路、胴締め、鞘管、自社柱、他社柱、電線、鉄塔類等
	電信電話データ	マンホール、ハンドホール、主線管路、地下配管路、直埋ケーブル、胴締め、鞘管、洞道、自社柱、他社柱、電話線、電話ボックス等
	ガスデータ	本支管、供給管、洞道、鞘管、ガバナ、バルブ等
	水道データ	マンホール、配水管、給水管、洞道、鞘管、制水弁、消火栓、空気弁等
	下水道データ	マンホール、合流管渠、雨水管渠、污水管渠、送泥管渠、圧送管渠、雨水放流管渠、特別形状管渠、取付管、鞘管、弁類、樹等
	地下鉄データ	躯体、通風孔、出入口、距離標、中心線等

ベースマップは、1/500で、各施設が色分けされた平面図が出力される他、任意の断面の縦断図の出力も可能である。また、占用申請書類などが自動的に作成される。

出力の例を図 5.6 及び図 5.7 に示す。

なお、各公益事業者の端末とはオンラインで接続されており、各事業所で活用できるようになっている。

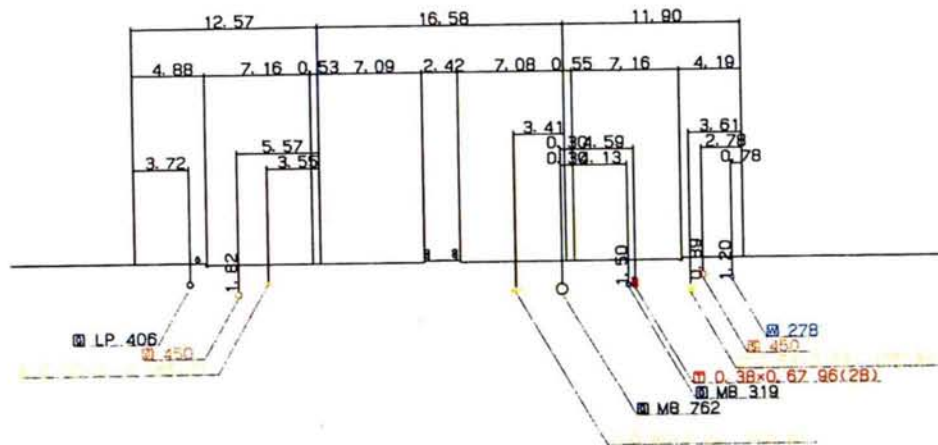


図 5.6 道路管理データベースの横断図の出力例

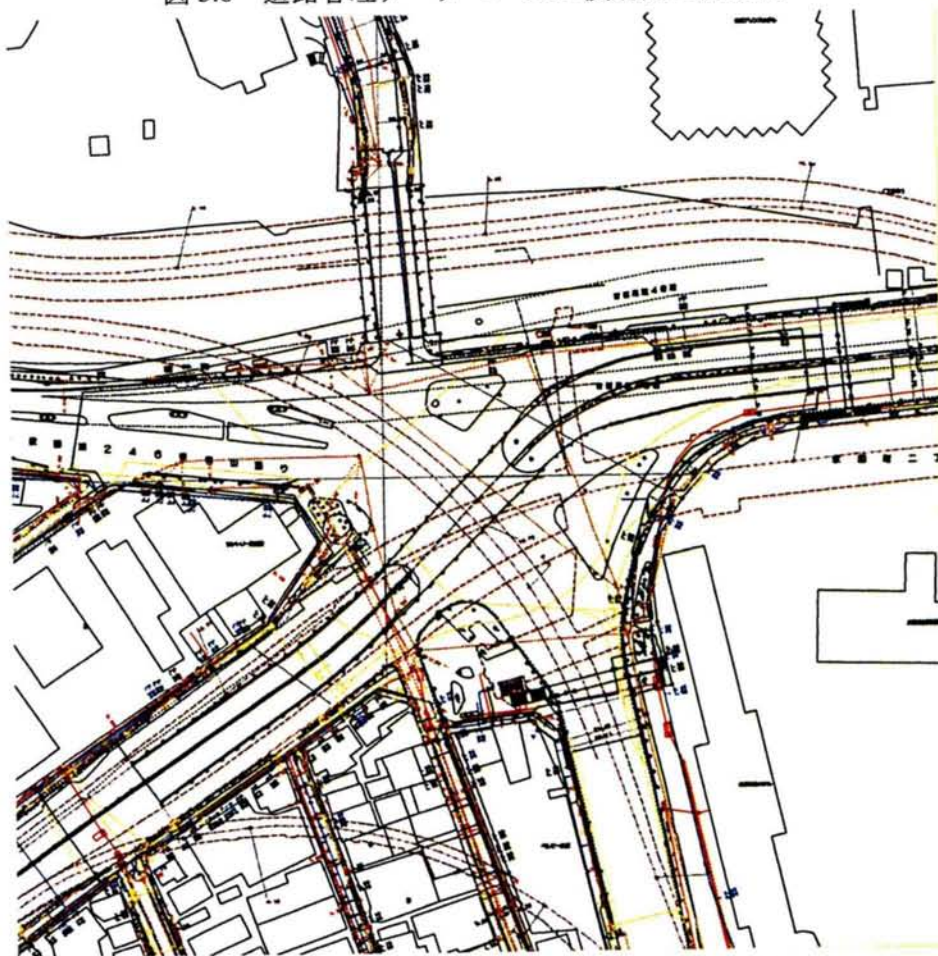


図 5.7 道路管理データベースの平面図の出力例（東京赤坂見附付近）

(3)これらのデータベースの問題点

地下利用に関して様々な情報を提供できるシステムではあるが、運用面においては様々な問題があるといえる。

①データの信頼性の問題

データが正しく入力されていれば問題は生じないが、前述の通り古い管路についてはその位置が不正確な場合があるという問題がある。この場合、道路管理データベースでは、道路占用物件配置標準により、事業毎に定めている標準的な管路の埋設深度が入力されている。さらに、図面通りの工事を行っていないものもあり、現実の配置と異なるデータになっている場合が多い。

断面図からは、どのデータが正確で、どのデータが不正確なのか区別することができず、データの信頼性に問題がある。

また、地下鉄については表示されないなどすべての地下埋設物情報が表示されているわけではなく、また、位置を示す地点は直線補間により求めているため、カーブなどの形状を十分に再現できないという問題もある。

都市によっては、占用料を徴収している実管路延長とデータベースの集計値とが大きく異なっている場合もあり、データをよく検証して精度の向上を図る必要がある。

②データ更新の問題

データの更新は、同じシステムを社内に導入している事業の場合は、事業者が入力を行い、道路管理データベースに更新データを送付しているが、システムを導入していない場合は、道路管理センターで入力を行っており、情報の即時性という面でも問題がある。

③汎用性の問題

現在であれば、GIS ソフトによって管路の位置をベースマップ上にベクトルデータとして表記することができるが、このシステムを作成した昭和 50 年代後半においては、データ量を節約する観点から、管路の位置情報は、屈曲点、勾配変化点などのポイントとなる地点についてのみ与え、ポイント間については、直線で補間するシステムとなっている。

また、そのポイントの位置の落とし方についても、道路の管理を行う観点で整備を進めていることもあり、地図データとしてベースマップに入力するのではなく、図 5.8 に示す通り道路の距離標及び官民境界からの距離（オフセット）と道路面からの深さ（デプス）で位置情報を与えており、現在、整備されている様々な GIS 用のベースマップと連携させることが難しいデータ形式となっている。

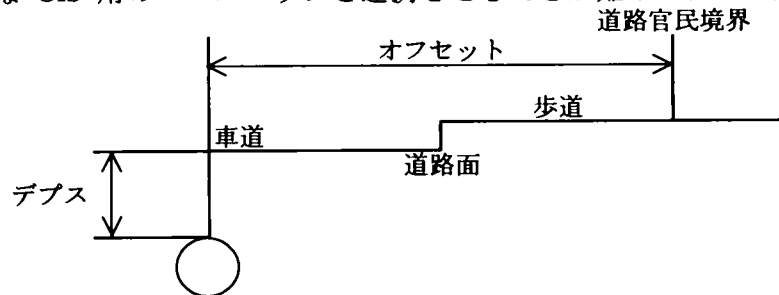


図 5.8 オフセットデプスのとり方

(4)地下埋設物情報のまとめ

地下埋設物は、公益事業者が設置し、継続的に管理が行われる電気、ガス、水道等といったものの他にも、建築物基礎、土留め壁などの仮設構造物、地盤改良等様々なものがあるが、これらについては、施工時以降は管理が行われているといえず、事後的に正確な情報を集めることは難しい。特に、地下は見えない空間であり、どこに位置に何があるのか、視覚的に把握することが困難であることがこれに拍車をかけているといえる。

したがって、埋設時点で、情報をきちんと収集し、コンピューターを利用したデータベースとして

管理を行うことが望ましい地下情報整備のあり方といえ、今後、設置時点で情報を正確に収集する仕組みを導入する必要がある。

一方、コンピューター技術も進歩していることから、将来の技術の発展の可能性を踏まえ、システムの更新が容易となるように、標準化された規格を採用し様々な GIS と連携できることが重要といえる。

また、データの収集の効率化を図るため、入力作業の省力化や現地で簡易に入力できるシステム等の開発が必要である。

5.4.2 地盤情報の整備状況

ボーリングデータを中心とする地盤の情報について、様々な機関が工夫を行いながらその収集、整理を図っており、かなりの数のデータの集積が進みつつあることから、これを有効に利用していくことが重要である。

また、データの蓄積をさらに進めるとともに、活用しやすいように、データの標準化、データの公開、データの収集体制の強化を進めるべきである。

大深度地下法では、地盤の状況に関するデータの整備を国及び都道府県の責務として位置づけており、今後、どのようにこれを進めていくのかを考える必要がある。

(1) 各機関のデータの整備状況

現在、様々な機関でデータの収集が進められている。それぞれ整備主体、手法などに大きな違いがあるが、ボーリングデータを中心にデータベース化を図っている点では一致している。

いずれのデータベースも、地図上でボーリング調査の位置を確認でき、これを選択することにより地盤調査結果が出力されるというものである。システムによっては、複数の調査地点を選択すれば、縦断図として表示されたり、あらかじめ三次元モデルを作成しておき、これを表示するものなどがある。代表的なものについて、その整備状況を表 5.8 に示す。

表 5.8 主な地盤データベース

システム名	東京都地盤情報システム	関西地盤調査情報データベース	名古屋市地盤環境情報システム	神戸市 JIBANKUN	TRABIS
整備主体	東京都土木技術研究所	関西地盤情報活用協議会	名古屋市環境保全局公害対策課	神戸市(神戸の地盤研究)	建設省
整備主体の構成	地方公共団体	行政(11)+公益事業者(6)からなる協議会	地方公共団体	行政(12)+学者(30)+民間(59)からなる協議会	建設省各地建(技術事務所担当)
事務局	東京都土木技術研究所	(財)地域地盤環境研究所	名古屋市環境保全局公害対策課	(財)建設工学研究所	(財)日本建設情報総合センター
対象エリア	東京都内	大阪・神戸・京都	名古屋市域	神戸市域	全国(除北海道、沖縄)
ボーリングデータ数	60000	30000	26000	4000	87000
データの収集方法	都事業のデータ+一部建築確認申請のデータ	協議会メンバーの地盤情報の提供	市事業のデータ+提供されたデータ	市事業のデータ+提供されたデータ	直轄事業のデータ
財源	都の事業費	分担金方式	市の事業費	分担金方式	国の事業費
データの利用	公共機関に限る(一般公開を検討)	協議会メンバーが原則	市関係部局	協議会メンバー+市民(有償)	建設省内のみ

システム名	北海道地盤情報データベース	港区地盤情報システム	三重県地質情報システム	全国基礎百科
整備主体	地盤工学会北海道支部	東京都港区	(財)三重県建設技術センター	東洋テクノ（基礎工事会社）
整備主体の構成	学会	行政	行政	東洋テクノ
事務局	地盤工学会北海道支部	港区建築課	三重県建設技術センター	東洋テクノ
対象エリア	道央地区	東京都港区内	三重県内	全国
ボーリングデータ数	11000	7300	2800	7000
データの収集方法	会員企業の実施データ	建築確認申請の添付データ	県及び市町村のデータ	自社データ
財源	販売による収益	区の事業費		営業の一環
データの利用	一般へ販売	無料で公開	インターネットを通じて県、市職員	無料

整備主体については、行政が自ら行っている例（建設省、東京都、名古屋市、三重県）と、各機関が協議会を形成し行っている例（関西、神戸）、学会が行っている例（北海道）、民間企業が独自に行っている例（東洋テクノ）があった。

行政機関が自ら行っている場合には、当該行政機関が行っている事業に伴うデータが中心であり、データを収集する範囲に限られるという制約があるが、協議会方式、学会方式では、関係各機関のデータが提供されるので幅広くデータの収集が可能といえる。

東京都、民間を除き、収集されているデータは、いずれも公共事業者が実施したものであり、データが公共施設整備が行われる特定の地域に集中したり、データがあまりない地域があるなどの濃淡が生じている。

また、多くのボーリングは、支持層の位置を確認できる深度までの調査であり、沈下予測計算の必要性から支持層以深の調査を行っている超高層建築物等の地質調査等を除き深い地盤まで調査している事例はほとんどなく、大深度地下地盤に関して知見を与えるデータには限りがある。

一方、東京都においては、民間の建築確認申請の際に提出されたデータの提供を受けており、人口が集中している都心地域では、ほぼ、全地域を網羅するとともに、超高層建築物建設の際に調査した深いボーリングデータについてもデータベース化が行われている。

データの格納方式も、データを標準化して、それぞれ地層の整合性を確認してからデータベース化している例（関西、名古屋）と集めたデータそのままをデータベース化している例（東京）があった。

前者においては、地層層順の判定が可能であり、あらかじめ地層層順を統一してデータベースを構築する方が有利である。また、(財)日本建設情報センター（以下 JACIC）のように、データの標準様式を決め、この普及を図っている例もある。

(2) データベース整備の問題点と今後の方向性

① データの収集方法

各機関とも主に公共サイドで実施したデータを中心に集積を図っており、今後ともこれらのデータの蓄積を図ることは重要であるが、民間建築の際に掘られているボーリングも数多くあり、これらについて収集できれば、面的にかなりの範囲を網羅するものとなる。このため、例えば、建築確認申請に添付されるボーリングデータについて、申請者の協力を得て蓄積することや、建築確認申請に調査したボーリングデータ書類の添付を都道府県の条例などで義務づける等の方策によりこれを集めるこ

とが手法として考えられる。さらに、ボーリングに際して、ボーリング業者がかならず結果を公的機関に届けることを条例などで義務づけることも考えられる。

申請者としては、ビルの地盤情報の開示を好まなかったり、手間が増えることをいやがるといった問題やボーリングに対する対価の問題もあるかもしれないが、地盤情報の蓄積が、地下利用のみならず、地盤構造を明らかにすることにより防災等の面で役立つことを考えれば、地盤情報は個人や団体に帰属するものではなく、共通の財産であるという認識をすることが重要である。

また、東京湾、大阪湾の湾域では、陸域部分と沿岸域部分のデータの整備主体が異なっている。大阪のように、事務局が共通となっており、実務上は齟齬を生じていない場合もあるが、東京都等は異なっており、これらを統合することも必要である。

なお、現在データベース化されているボーリングデータは、深いものがほとんどなく、今後、深いものを収集することが課題であり、ボーリングに際し、必要な深度より深く調査した場合に差額を補助する制度等により、深いボーリング調査が推進される環境を整える必要がある。

②ボーリングデータの標準化

現在までは、公益事業者が実施するデータのみを収集していたので、この事業者間でデータを標準化すれば十分であったが、多種多様な機関のデータを活用しようとすれば、これらのデータを標準化する必要が出てくる。このため、ボーリングデータの電子ファイルの標準化を進める必要がある。特に、多数のボーリングデータを活用した解析を行うことを考えれば、地層層順の与え方については、それぞれの地域で統一しておく必要がある。

現在、JACICにおいて、建設 CALS に対応した電子データの標準化のため、ボーリングデータの統一様式を定めその普及を図っている。表 5.9 に示す通り、建設省のみならず、農林水産省、運輸省においても、同じ様式を使用することとしており、実質的なスタンダードとなっている。

表 5.9 発注者毎のボーリング柱状図の電子成果の仕様

発注機関	採用しているボーリング柱状図の様式
建設省	JACIC 様式
農林水産省	様式の定めはない、現状としては、JACIC 様式を使用
運輸省	基本的に JACIC 様式、但し、海洋調査で独自に使用する項目を定めている
日本道路公団	基本的に JACIC 様式、なお、道路公団独自の土質柱状図様式の納品もあり

しかしながら、JACIC 様式では、土質記号を入力するようになっているが、地層の連続性を把握するためのものではなく、むしろ、土の性状を機械的に入力するようになっており、これをもとに自動的に複数のボーリングデータの地層の連続性を確認することは難しいと思われる。

地域毎の地層の通称名（東京層、天満層等）が整理され、あわせて入力されると、この点については、大いに改善されることと考えられる。

この場合、事前に、どのような地層がどの程度に分布しているのかを明らかにし、入力の際を防ぐことが必要である。

③データの活用方策と財源の問題

現在、各データベースを活用した事例はそれほど多くないが、このデータを活用すれば様々なことが可能となることから、十分に活用されるよう環境整備を行うことが必要である。

現在は、多くのデータベースが公的機関のみの利用としているが、通常、公共事業では事業区域が重複することはまれで、事業に際して、新規に地質調査を実施する必要があることから、データベースの利用としては、研究目的のものが多くいようである。

一方、民間の分野では、経済的な問題から、事前に十分な地質調査をできない場合が多く、近傍の地質調査結果が入手できれば、開発適地かどうかなどの様々な検討を前もってすることが可能である

し、また、一般市民が、住居近くの地盤条件を知ることはいかに意義のあることである。

したがって、地盤情報のデータベースについても、個人や団体に帰属するものではなく、共有の財産であると認識し、これを広く一般に公開することが求められているといえる。

この場合、整備費用を利用者で分担する分担金方式の場合は、無償で公開すれば分担金の意味がなくなり、収入が途絶する等の財政上の問題が生じることが予想されるが、神戸市のように有償で市民に公開する方法やインターネットで公開する場合では広告で収益をあげるなど方法が考えられる。

なお、政府が所有する GIS 情報については、特別な理由のあるものの他は、インターネットで無償で公開することが基本となっている。

このような情報が、インターネット上で手軽に入手できるようになれば、データベースとしてかなり活用されるのではないと思われる。

大深度地下法において地盤情報の整備を国及び都道府県の努力義務として位置づけられたことから、行政としてもその責任を果たす必要がある。

また、広く利用されない問題として地盤情報そのものの難解さがある。本来は、三次元的に可視化できればわかりやすいが、地下情報は目に見えないものであり、地表と違い可視化が難しく、さらに三次元的に取り扱うことが非常に難しい。この点について、使い勝手が向上すれば、様々な局面で利用価値が向上するものと考えられる。

5.4.3 大深度地下マップ

大深度地下使用制度では、大深度地下の深さは支持層の位置等を踏まえて特定されることとしており、どの深さから大深度地下になるのかは地盤調査を行わなければ確定できない。しかしながら、ルートを検討等の事業の計画段階で広域にわたって各事業者が地盤調査を実施することは、経済的、効率的な事業の実施の面から困難が多く、あらかじめ大まかな大深度地下の範囲を広域的に明らかにした図面があれば、大深度地下を利用する事業計画の立案は容易になる。

このため、大深度地下にかかる情報整備の一環として、3大都市圏を対象に大深度地下の範囲を明らかにする大深度地下マップの作成を行った。

大深度地下マップを作成する過程で、支持層位置を明らかにしたことから、あわせて、大深度地下使用制度で前提としている高層建築物の支持層となる地層の上面を表す図面も作成した。

このように支持層が面的に示された図面が作成されたのは初めてであり、民間建築物や土木構造物の基礎の計画・設計の作業の効率化・省力化が図れるなど様々な方面で活用が可能である。

これらの図面は、2000年12月に公表を行った。

(1) 大深度地下マップの作成方法

大深度地下マップは、広域的な範囲を対象とするため、経済的、時間的観点から新たにボーリング調査を行うのではなく、既存のボーリングデータを集積したデータベースを活用することにより作成することとした。

利用したデータベースは、表5.7の東京、関西、名古屋地区で作成されたデータベースに加え、1988年に地盤工学会が作成した「最深名古屋地盤図資料編」に収集されている約1万2千本のボーリングデータ入手し、利用した。合計すると利用したボーリング本数は10万本を超える。

大深度地下の範囲を特定するには支持層位置の特定が必要なため、厳密には、大深度地下の定義を踏まえ、原則として杭の許容支持力 2500kN/m^2 以上を有し、かつ原則としてN値 50 以上の地盤を、ボーリングデータ 1 本 1 本について確認することが必要である。

しかしながら、10 万本を超えるボーリングデータについて逐一支持力を算定するのは現実的に不可能であることから、ボーリングデータの検索に適した大深度地下の特定方法を地域毎に検討し、図5.9に示す手順でマップを作成した。

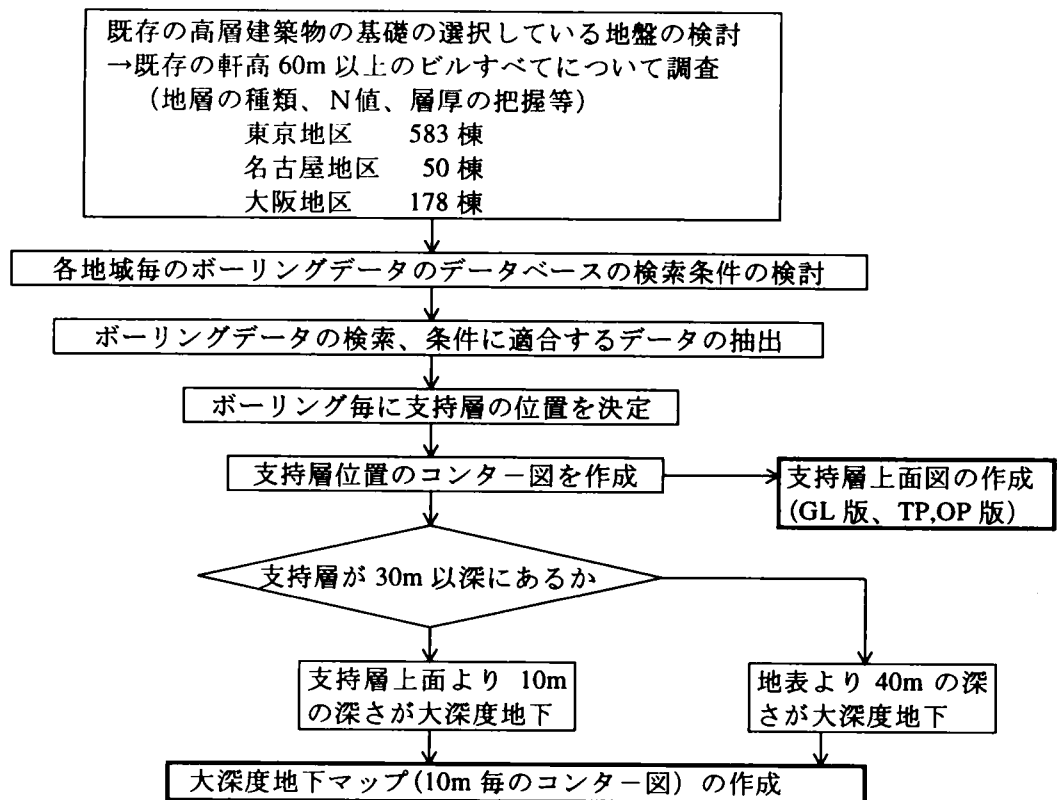


図 5.9 大深度地下マップの作成フロー

(2) 各地区におけるボーリングデータの検索条件の検討

① 東京地区

東京地区は、複数の礫層から支持層が構成されているため、特定の礫層から支持層を判断するのではなく、ボーリングデータベースから検索可能な工学的特性を選定し、支持層を特定する方法を考えた。

大深度地下使用技術指針（案）では、支持層は、原則N値 50 以上の層としていることから、N値 50 以上を示す地層の層厚と既存高層建築物の支持層との関係を検討することとした。まず、N値 50 以上を連続して示す層の上面と既存高層建築物の支持層とを比較することとし、N値 50 を連続して示す地層の層厚の条件を 3m、6m と変化させ、建築物の支持層と比較すると、6m の場合がよく一致したので、ボーリングデータの検索条件としてはN値 50 以上の層が 6m 以上示すデータの上面を支持層上面とした。

② 名古屋地区

名古屋地区については、既存の高層建築物の基礎が、海部・弥富累層と呼ばれている地層より浅い層を利用していることが明確であったので、これを支持層とした。海部・弥富累層が分布していない東部丘陵地については、その下位層である八事・唐山層、矢田川層が地表面から分布していることから支持層を地表面とした。

③ 大阪地区

大阪地区について、既存の高層建築物の支持層は、一般的には、第一洪積砂礫層の層厚が十分であれば第一洪積砂礫層を、不十分であれば第二洪積砂礫層を支持層としているが、同一建築物内でも位

置により2つの支持層を使い分けている建築物もあり、他の地域と比べ支持層の分布はかなり複雑となっている。

東京地区と同様にN値 50 以上を連続して示す層の上面を図示する図面を作成し、既存の高層建築物の基礎との整合性を検討した結果、上町台地より東側については、N値 50 以上、層厚 6m の層と整合したが、上町台地より西側では、これより深い層を利用している例も見られたことから、上町台地を境に、東側ではN値 50 以上層厚 6m の層を支持層とし、西側では安全側に考えて第一洪積砂礫層の層厚にかかわらず、深い方の支持層である第二洪積砂礫層を支持層とした。

この結果、上町台地より西側については、大深度地下の範囲を明らかにしたというよりは、大深度地下の上面の最深ラインを示すにとどまっており、この点について、今後さらなるデータの集積を待つ必要がある。

各地区の支持層の要件をまとめる表 5.10 の通りであるが、それぞれ、地盤の状況、ボーリングデータの収集状況に違いがあり、支持層の考え方が異なっていることから、マップを見る上では、この点について留意する必要がある。

表 5.10 各地区の支持層の要件

地区名	支持層とするデータの要件等
東京地区	N値 50 以上の地層が 6m 以上連続しているデータの上端を支持層の上面
名古屋地区	海部・弥富累層、東部丘陵では地表面
大阪地区	上町台地東側ではN値 50 以上の地層が 6m 以上連続しているデータの上面 上町台地西側では第二洪積砂礫層

(2) 大深度地下マップの概要

大深度地下の上面及び支持層の上面を国土地理院発行の 1/50000 の縮尺の地形図上に 10m 刻みのコンタで表した。

ボーリングデータの密度によるが、東京地区では概ね 1cm (500m)程度の精度が確保できていると思われる。その他の地区では、これよりかなり荒い程度の精度の地図となった。

表 5.11 に示す通り、それぞれ、地表からの深さで大深度地下の範囲を表す大深度地下マップと支持層位置を示す支持層マップを作成した。特に支持層マップについては、大深度地下マップ同様に地表からの深さで表示したものと、標高 (T.P.orO.P.) ベースで表示したものの2種類を作成した。これは、通常、事業が標高ベースで検討されることから作成したものである。

図 5.10 から図 5.12 にそれぞれの都市の大深度地下マップを示す。

このマップをより、大深度地下を利用する各事業の計画立案が可能となるとともに、事業間の調整における空間配置の構成や認可申請の際に判断することが可能となる。

表 5.11 作成マップの種類・枚数・サイズ

種類	内容	枚数・サイズ		
		東京版 B1	名古屋版 B2	大阪版 B2
大深度地下マップ	大深度地下の上面の位置を地表面からの深さで表示	1	1	1
支持層上面図(GLベース版)	支持層の上面の位置を地表面からの深さで図示	1	1	1
支持層上面図(T.P.orO.Pベース版)	支持層の上面の位置を標高(T.P.orO.P.)で図示	1	1	1
地質断面図	代表的な断面の地質断面図	1	1	
合計		1 1		

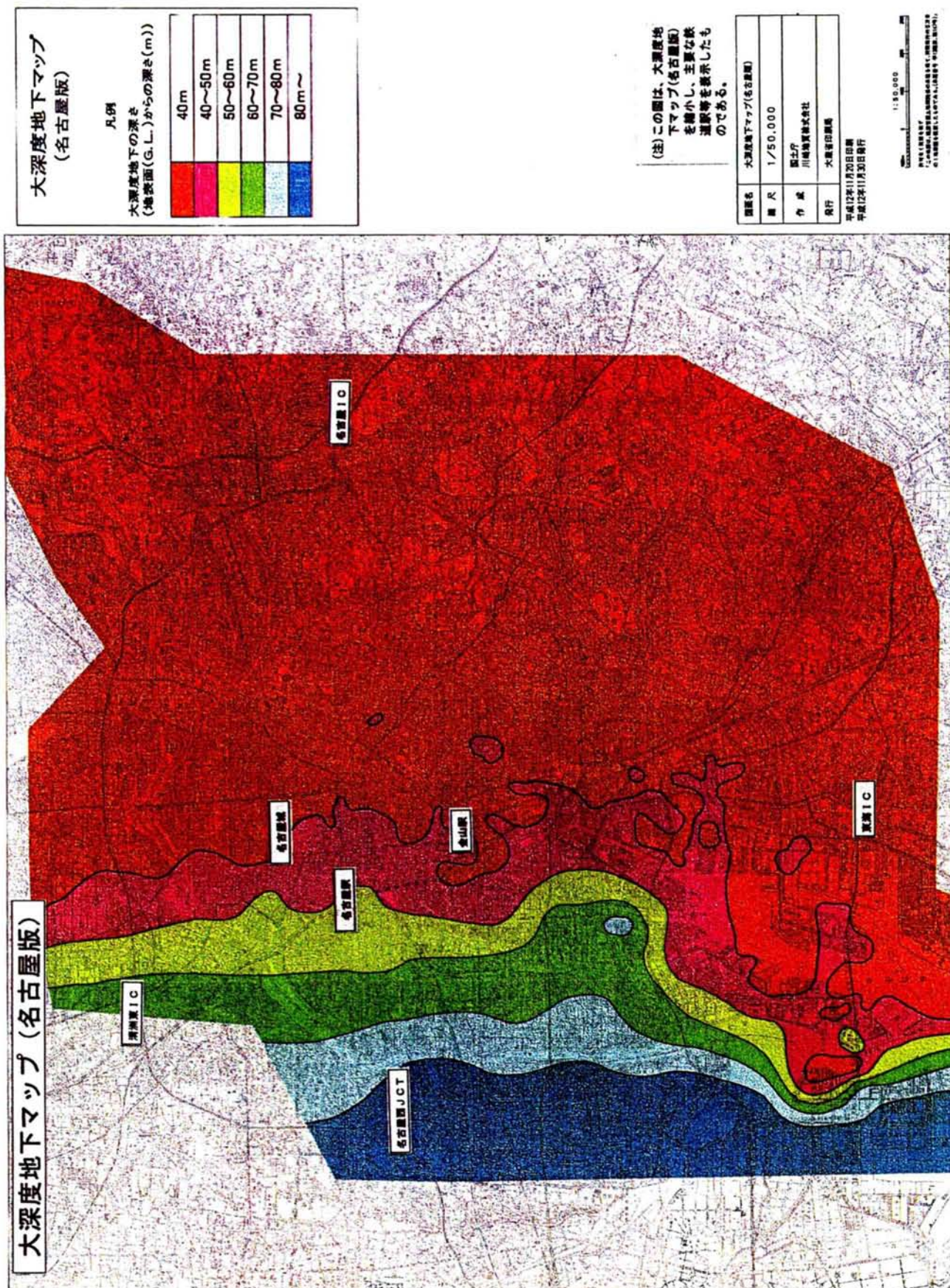


図 5.11 大深度地下マップ名古屋版

5.5 三次元地盤解析ソフトの開発状況

地下情報は、本来三次元空間情報として取り扱うべきものであるが、現在まで取り扱いが困難であったため、地質縦断面図などの二次元の図面をもとに、頭の中のイメージとして三次元的に取り扱わざる得なかった。

近年のコンピューター技術の発達により、地表面で得られた各種地質データやボーリング等の地下情報から地盤の三次元モデルを作成するソフトがいくつか開発されている。図 5.13 に示す通り、このような三次元地盤解析ソフトと、三次元 CAD、地盤情報データベース、GIS をリンクさせることにより三次元地下 GIS の構築の可能性が開けてくる。三次元 CAD、地盤情報データベース、GIS については、実務上利用可能な技術的水準まで達しているといえるが、三次元地盤解析ソフトについては、その複雑さから実用レベルに達しているとはいえない。

ここでは、いくつかの三次元地盤解析ソフトについて、三次元 GIS 実現の可能性を検証した。

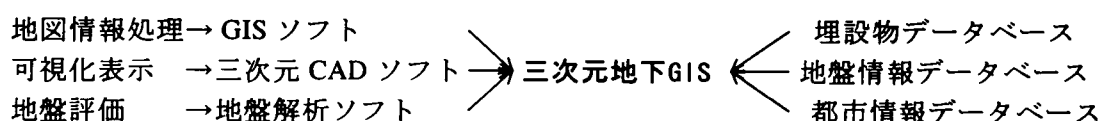


図 5.13 三次元地下 GIS の構成

5.5.1 現在市販されている地盤解析ソフト

過去の地盤ソフトの多くは、ボーリング箇所を地図上に表示し、これをマウス等でクリックすることにより、柱状図などを表示する機能、これに加え、複数のデータから縦断面図を表示する機能を持つ程度のものであった。

しかしながら、三次元 CAD の発達、三次元有限要素法による構造解析の高度化、二次元 GIS の三次元化を踏まえて、地下の地盤構造を三次元モデルとして取り扱うためのデータ形式と表示形式を備えるソフトが開発されるようになった。

これらのソフトを解析内容から区分すると、まず、地下構造を地層や岩体のブロックとしてモデル化する立場と、地下の媒質の分布特性や流体を三次元の格子点における値として表示する立場に大きく分かれる。前者は地質ブロックモデル、後者は三次元ボクセルモデルと呼ばれている。

また地質ブロックモデルは、境界面を定義することにより地質ブロックの形状（ジオメトリ）を表すことができるが、ブロックの中身が何であるかを定義しないと、切断面の境界線しか描くことができない。サーフェスモデルは、ブロックの中身を定義しないモデルをいい、ソリッドモデルはブロックの内容も定義するモデルをいう。ソリッドモデルでは切断面に現れるブロックの媒質を示すことができ、ブロックのボリューム等の算定が可能である。図 5.14 に地盤解析モデルの系統図を示す。

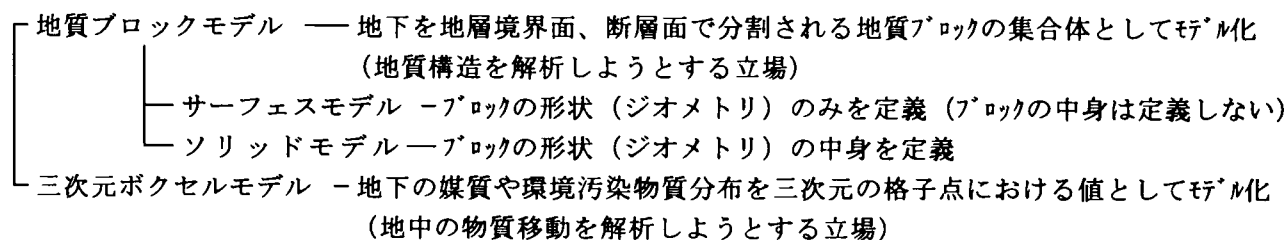


図 5.14 地盤解析モデルの分類

現在、我が国で市販されているかまたは、市販が予定されている地盤解析ソフトについて、それぞれの開発者もしくは代理店からのヒヤリングよりその特徴をまとめると表 5.12 の通りである。

表 5.12 三次元地質モデルを作成できるソフトウェア

ソフト名	EVS	VULCAN	三次元地盤解析支援システム
ソフト開発元	C tech (アメリカ)	MAPTEK (オーストラリア)	Schlumberger (フランス)
販売元	クボタグラフィックス	ダイヤコンサルタント	応用地質 (共同開発)
開発目的	三次元可視化ソフトの進化	鉱山の開発管理	石油探査
OS 環境	Windows	EWS	UNIX
表示	英語	英語	英語
地質ブロック対応	○	○	○
モデル	ソリッドモデル	ソリッドモデル	ソリッドモデル
ボーリングデータから 三次元地層の作成	○ (断層、褶曲の表示可)	○	○
ボクセル対応	○	○	○
地下水拡散計算への 対応	○ (物質の流動計算が可能)	△ (地下水のみ対応)	△ (地下水のみ対応)
国内での適用事例	なし	鉱山の地質解析	ダムサイトの地質解析

ソフト名	GEORAMA	G-Cube
ソフト開発元	CRC 総合研究所 (日本)	中央開発 (日本)
販売元	上記	上記
開発目的		地質解析
OS 環境	Windows	Windows
表示	日本語	日本語
地質ブロック対応	○	○
モデル	ソリッドモデル	ソリッドモデル
ボーリングデータから 三次元地層の作成	○	○
ボクセル対応	○	○
地下水拡散計算への 対応	△ (地下水のみ対応)	△ (地下水のみ対応)
国内での適用事例	平野部、山地部の地質	海岸部の地盤解析

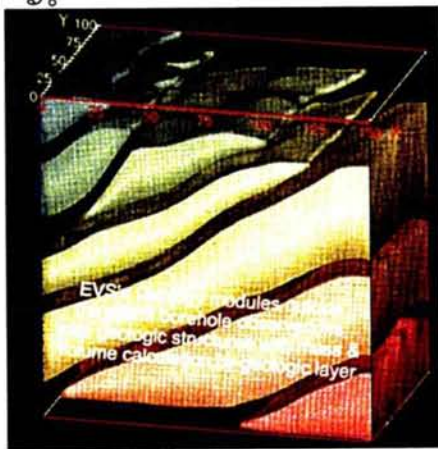
資料：各ソフトのパンフレットをもとに作成

いずれのソフトも、ボーリングデータから三次元地層モデルを作成する地質ブロックモデルであり、ソリッドモデルとして構築されていることから、ボリューム計算などが可能であるが、ボクセルモデルについては、地下水流動のみを対象としているものと、物質拡散計算が可能なものに分かれる。

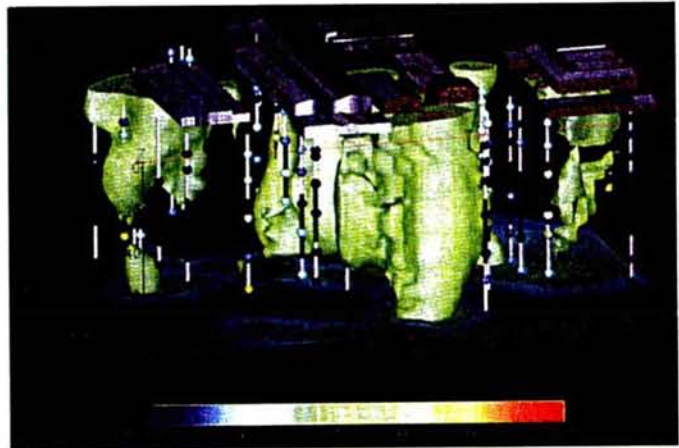
「VULCAN」及び「三次元地盤解析支援システム」のように、鉱山開発や石油探査など特殊な用途に開発されたものから発展してきているものと、「EVS」、「GEORAMA」のように三次元可視ソフトに地盤解析機能を付加することにより開発がされているものがある。

このようなソフトの海外でのニーズとしては、複数の事業者による地下水汚染の賠償についてそれぞれの寄与の度合いの判定や地下水の汚染予測があり、訴訟の場合の判断材料や環境アセスメントのために、わかりやすく説明する必要性から開発が進んだようである。

図 5.15 に EVS における出力例を示すが、左の図のように、各地層を切り分けて表示することや、ボリュームの計算が可能な他、右の図のように、工場の汚染物質の拡散状況の計算などが可能となっている。



三次元地質モデル



三次元地下水及び拡散シミュレーションモデル

図 5.15 EVS における出力例

また、図 5.16 に VULCAN における出力例を示すが、EVS と同様に、地質ブロックを作成することができる。他のソフトも、基本的にはこのような地質ブロックの作成が可能となっている。

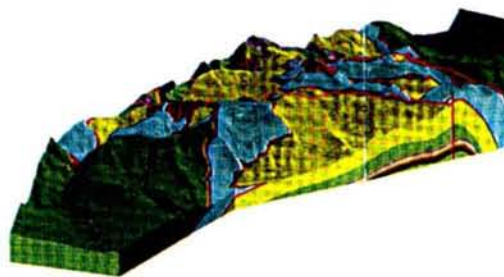


図 5.16 VULCAN における出力例

5.5.2 これらのソフトの可能性

上記のソフトのうち日本の地盤に実際適用したことがあるものも多いが、いずれも、ある特定のエリアを対象としており、さらに、地盤データの入力にかなりの専門的な知見を要していることから、簡単に三次元地質モデルを作成することは現状では難しいといえる。任意の地区において大量の地盤データを処理するシステムを組むためには、日本の地盤に対応したシステムに改良するために知見の蓄積が必要である。

大量の地盤情報の処理の程度を調べるため、EVS について、別途東京都地盤情報システムより 300 本程度のボーリングデータの提供を受け、解析を試みたが、実用に耐える精度での解析は難しかった。

これは、人間が地質断面図を書く場合、データを図示してから、過去の知見の蓄積を踏まえ、地層の同一性を判断し、断面図を描いていくが、これらのシステムには、過去の知見の蓄積がないため、地盤の同一性を判断できず、どうしても地層を多く描いてしまうという欠点があり、この点をどのように改良していくのかという課題がある。また、地盤の褶曲にもほとんど対応ができなかった。

開発者であるアメリカ Ctech 社の Reed D.Copsey 社長は、これら問題についても対応可能で、アメリカでは問題なく利用しているとのことであったが、日本の地層の複雑さが処理を困難にしているのかもしれない。

これらの問題のかかなりの部分は、ボーリングデータの与え方次第であるといえ、三次元地質モデルを簡易に作成するためには、どのように日本の地盤特性を反映させてデータを入力するのがよいのか、また、コンピューターの中で、どのように判断を行っていくのか、現在、専門的な知見として専門家が行っているプロセスを解析し、プログラムとして追加するなど、今後改良すべき課題は多いといえる。

しかしながら、国内では少ないものの、これに類似するソフトも含めれば、海外における活用事例は多く、ソフト自体の応用の可能性は高いといえ、今後、データ解析に対する様々な知見の蓄積を行い、我が国の地盤に対しても活用できるようになることが期待される。

5.6 大深度地下利用における情報基盤のあり方

5.6.1 情報基盤の考え方

以上の海外の事例、我が国における情報の整備状況を考えると、我が国における地下の情報基盤のあり方としては、次のように考えることができる。

①地下に関する情報の一元化とワンストップサービス

海外においても、地下情報を一元化する方向にあるが、我が国でも同様に、データの一元化を図り、1カ所で地下に関するすべての情報が入手（ワンストップサービス）できるようにすることが必要である。

②多様な機関のデータの活用

海外では、1つの機関がすべてのデータを管理している例もあるが、我が国では、既にそれぞれの事業者がデータベース化を進めているのが現状であり、また、情報を一カ所で集中的に管理するのは、データも膨大になり、かなり大規模な投資が必要となる。また、施設の管理者以外が施設の情報を随時入手し、更新していくことはセキュリティの面、情報の迅速さの面で問題があるといえる。

各事業者がデータベースをそれぞれ構築していることから、この資産を活用し、各機関のデータは各機関の責においてデータの維持・管理を行う方が、確実に効率的でありかつ、責任の所在が明確である。

よって、システムとしては、各データベースから必要なデータを照会・入手し、これを総合的に処理ができるシステムとすることが望ましい。

③三次元 GIS 化

地下空間は、視覚的に把握ができないという特性があり、地下施設を三次元的に可視化することができれば、空間の計画立案などが容易に行えるようになる。海外でもヘルシンキでは、三次元化を進めており、コンピューターの性能が飛躍的に向上していることを踏まえれば、現時点において整備が十分可能な水準にあるといえる。

このような地下埋設物の可視化に加え、地盤構成を三次元的に処理することができれば、地下の地盤の状況を容易に確認でき、施設の配置、構造の決定が容易となる。

④地下情報収集体制の強化

地下利用を推進する観点から整備すべき情報としては、①地下埋設物の情報、②地盤情報、③大深度地下利用に関する情報があるといえる。現在、それぞれの情報についての整備状況は表 5.13 の通りである。

また、地下施設の特徴として、施工以降では正確な位置の確認が難しいという特徴があり、したがって、できるだけ施工時点でデータベースに入力すべきである。

現在、このような体制がとれるのは、電力、通信、ガス等の公共・公益事業者が設置する施設であり、これらに関しては、管理者の責において実施すればよいが、建築物基礎、仮設構造物、地盤改良

範囲等については、データを収集することすら難しく、このようなものに対して、どのような手法、体制で一元的にデータベース化を図っていくのかという問題がある。

表 5.13 地下利用にかかる情報とそのデータベース化の状況

情報名	整備(所有) 機関	データベース化の状況	備考
埋設物データ 道路地下埋設物 各事業施設 地下街 地下駐車場 建築物基礎 仮設構造物 地盤改良範囲	道路管理センター 各事業者 国土庁土地局 国土庁土地局 日本建築センター なし なし	デジタル化済み 事業者により差異 一部着手 一部着手 予定なし なし なし	現在は中止 大規模の建築物のみ ほとんど記録がない ほとんど記録がない
地盤データ ボーリングデータ 地質縦断図データ	表 5.8 参照 国土庁土地局	デジタル化済み 調査中	土地分類調査で実施
大深度データ 大深度地下使用権 大深度地下埋設物	国土庁大深度室 国土庁大深度室	2001 年より開始 2001 年より開始	

5.6.2 情報基盤の整備手法

具体には、①各機関のデータの標準化、②地下情報を一元的に処理する中央のクリアリングハウスの設置、③データベース化されていないデータの新たなデータベースの作成の3つの点について、具体の道筋がつくと、5.5.1 で示した三次元地下 GIS の構築が可能となる。

これを模式化したものを図 5.17 に示す。

○3次元地下情報システムのイメージ

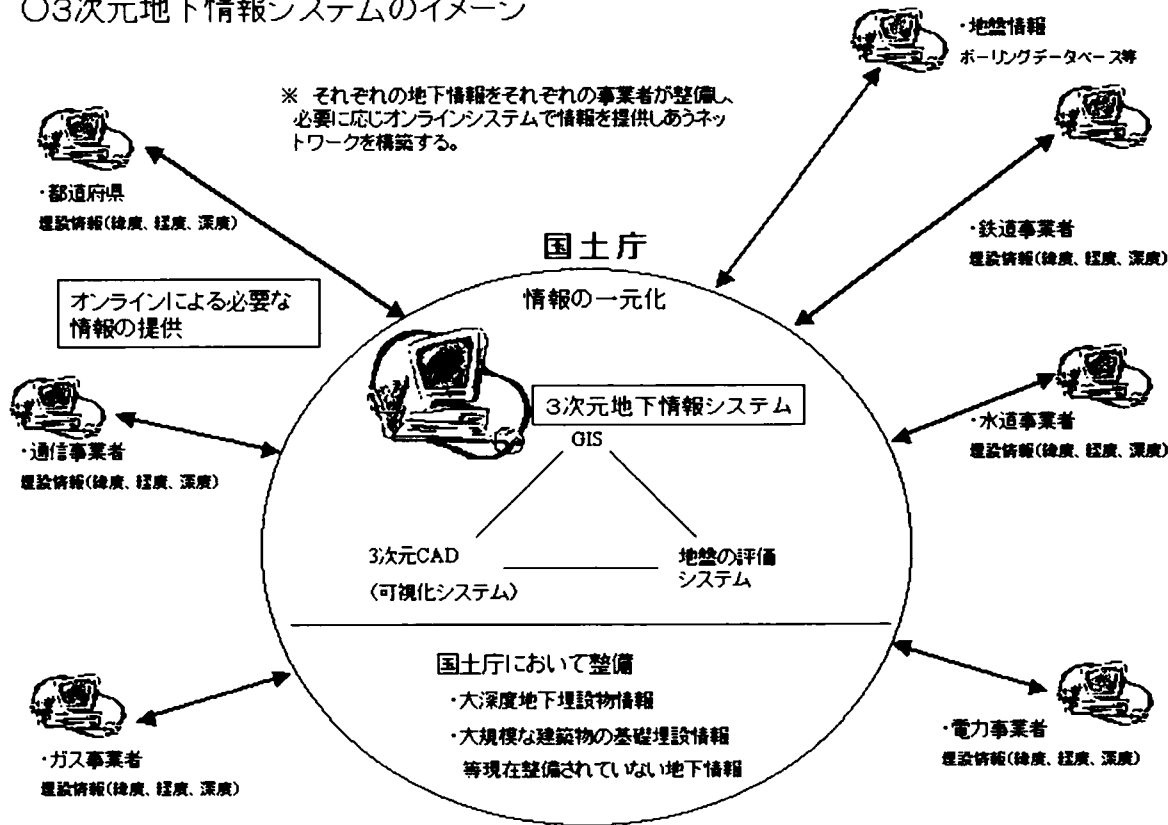


図 5.17 地下利用に関する情報基盤のイメージ図

各機関のデータベースをオンラインで結び、必要に応じ、必要な地区のデータを各データベースから持ってくるとともに、自らが整備するデータとあわせて三次元的に処理するシステムの構築が一つの解といえる。

このためには、

- ①各機関がそれぞれのデータベースを構築し、新たな埋設物などの更新情報のメンテナンスを適切に行うこと
- ②その他データについても、集積が図られるよう、建築確認申請データの登録や施工時点での情報の登録を行うなどの仕組みを作る必要がある
- ③データの標準化により、各機関のデータの互換性を確保する
- ④必要に応じ、データをもってきて、これを三次元処理するシステムの構築を行えばよいといえる。

5.7 結論

今後、大深度地下法の成立を踏まえ、政府として地下情報の整備を本格的に行うこととなるが、三次元地下 GIS の構築には、多くの関係事業者の協力が必要であり、また、情報のセキュリティの確保など技術的な面以外でも解決すべき問題も多く、まず、関係者間で、システムの構築に向けた合意形成を十分に行うことが重要である。

したがって性急にものごとを進めるのではなく、慎重に合意形成に努めることが肝要であり、十分にシステムのメリットの理解が進み、機運を醸成しつつ進める必要がある。

しかしながら、道路地下という限られた空間について情報を収集すれば足りうるという段階から、大深度地下使用制度により地下利用の可能性は大きく広がっており、情報をいかに効率よく集め、様々なルートを検討するかということが重要になっている。

また、地下の利用が複雑化するに従い、従来の二次元的な把握方法では、施設の位置を把握することは困難となってきている。

このような状況の変化を踏まえれば、三次元地下 GIS は必要といえ、また、これにより各事業者も大きくメリットを享受できる。

ここでは、三次元地下 GIS について検討を行ったが、技術的には困難を伴うものの、昨今の IT 技術の進展から見れば、実現は不可能ではなく、また、各機関に相当数のデータが蓄積されていることから、これを活用できれば、大きな投資を要しなくとも整備は可能である。

現在の国土庁のスケジュールでは、具体的なシステムの整備が行われるのは、法の施行後の 2001 年以降となっているが、関係事業者の協力が得られ、使い勝手の良い三次元地下 GIS が整備されることを期待したい。

第6章 大深度地下利用の可能性

6.1 概説

大深度地下使用制度により、都市部の民有地地下の利用が実質的に解禁されたこととなり、都市部の利用可能空間は飛躍的に増大したことになる。今後は、この空間をいかに活用して、21世紀における都市を構築して行くのかということが、都市を新生させるために不可欠であるといえる。

一方、大深度地下も含め、地下を利用するに当たっては、安全性、内部環境の快適性など様々な問題があるが、最大の問題点としては建設コストがあげられる。一般的に地下利用は、地上に比べコストがかかるといわれており、特に深い地下の利用に対しては抵抗感があるといえるが、地価との見合いによっては優位な場合もあると考えられる。ここでは、地下利用においてどの程度コストがかかっているのか調査するとともに、これらが大深度地下化した場合にコストに与える影響について検討した。

また、現在の都市は、高度成長の歪みを吸収するため、効率一辺倒でインフラの整備を進めた時期があり、地表になくてもよい施設が地表に露出しているといえ、いわば、パイプライン、ベルトコンベアが露出している工業化時代の都市といえる。

地下利用のコストが比較的安価な北欧等では、現在、ライフラインに加え、下水処理場、幹線交通網、駐車場等の地下化を進め、地表部を人間活動の場として水と緑あふれる空間を取り戻し、都市を再構築することが進められているが、我が国においても同様に、稠密な都市を再構築し、21世紀の都市として新生していくためには、広大な未利用空間である大深度地下空間を含め地下を活用していくことは不可欠であるといえる。

そこで、大深度地下空間を含む地下空間活用した新たな21世紀の都市の構築について、その考え方を整理するとともに、民間企業に大深度地下を活用した都市の新生構想の提案を求めた結果から、どのような施設を地下化すべきといえるのか、また、東京駅周辺地区をモデル地区として、それを具現化するためのケーススタディを行った。

6.2 地下利用におけるコストの現状

単純な建設コストのみの比較では地表部と比べ地下利用はコスト的に高くなってしまいが、用地費なども含む総コストで比較した場合、どのようなことがいえるのか。また、大深度地下利用によって、地下利用のコストはどのように変化するのかについて検討した。

6.2.1 主な事業における建設コスト

現在様々な事業が地下を利用しているが、それぞれどの程度のコストがかかっているのか、公表されているデータ、ヒヤリング調査をもとに比較した。

ここ10年以内に竣工もしくは着工した事業の内、都市部において出来るだけ深い地下を利用している事業を選び、1kmあたりの事業費を比較した。結果を表6.1に示す。

データの制約から、鉄道、道路、河川、下水道事業については、トンネルの掘削だけでなく、鉄道では駅部、高速道路では換気塔、インターチェンジ、河川では流入、排水施設、下水ではポンプ施設等を含んだ総事業費で算定しており、一方、共同溝、電気、ガス、通信、上水道、下水道事業については、トンネル掘削のみの工事費で、トンネル内部に設置する各施設の費用は含まれていない。

また、掘削条件、掘削距離などによって建設コストは大きく変化することから、表6.1に示す数値は大雑把な目安として見る必要がある。

トンネル径が最も大きく、通行量にもよるが換気用立坑として地上とのアクセスが頻繁に必要な道路事業では、1km 当たりの事業費は 1000 億程度となっている。根拠とした道路事業ではほぼ 1km に 1 箇所の割合で換気用立坑が建設されており、また、地下と地上部の高低差から、インターチェンジでは長いアプローチが必要で、トンネル部の地下掘削以外にも多くの事業費が必要となっている。

次いで km 当たりの単価が高い地下鉄では 1km 当たり約 300 億円となっている。開削工法で建設する駅部の建設コストが高く、例えば、営団地下鉄では、総営業キロ数 170km に対して、駅数は 154 駅で、ほぼ 1km に 1 駅設置されており、駅部の設置により、事業費が押し上げられているといえる。なお、トンネル部に限れば 1km 当たりの事業費は 100 億円程度といわれている。

この他の事業については、設置するトンネル規模、トンネル掘進延長等によって大きく異なるが、概ね数十億円程度であるといえる。

表 6.1 各事業における事業単価

事業名	キロメートル当たりの単価	根拠
鉄道事業	約 300 億/km ※トンネル部は 100 億/km	295 億/km 半蔵門線 渋谷～押上間 5016 億/17km
		289 億/km 南北線 赤羽岩淵～目黒間 6191 億/21.4km
		295 億/km 名古屋 6 号線 中村区役所～今池 2210 億/7.5km
高速道路 共同溝	約 1000 億/km 約 60 億/km	1100 億/km 首都高中央環状新宿線 12400 億/11km
		60 億/km 麻布共同溝 164 億/2.7km ϕ 5.9m
		64 億/km 永田町共同溝 64 億/1.02km ϕ 5.9m
電力	約 30 ～ 40 億/km	38 億/km 太閤通～名城洞道 125 億/3.31km ϕ 4m
		29 億/km 名城～清水口洞道 47 億/1.571km ϕ 4.8m
ガス	約 10 ～ 40 億/km	13 億/km 庄内川横断シールド幹線 35 億/km ϕ 2.1m
		35 億/km 南港シールド 60 億/1.7km ϕ 2.4m
NTT	約 20 億/km	20 億/km 千葉洞道 36 億/1.8km ϕ 4.5m
		17 億/km 大阪幹線洞道 22 億/1.3km ϕ 3.95m
地下河川	100 ～ 250 億/km	243 億/km 環七地下河川（Ⅰ、Ⅱ期）537+560 億/4.5km ϕ 12.5
		122 億/km 寝屋川北部地下河川 1400 億/11.4km ϕ 5 ～ 10m
下水道	約 65 億/km	67 億/km 淀の大放水路 1500 億/22.5km ϕ 7.5 ～ 2m
上水道	約 40 億/km	37 億/km 春日井送水幹線 56 億/1.5km ϕ 3m

ϕ は内径

鉄道、道路、河川、下水道事業については、附帯施設の建設コストを含んだ総事業費、他の事業はトンネル掘削のみの工事費

資料：各事業所管省庁、事業者からのヒヤリングによる

一方、都心部で地上を利用する事業の場合の建設コストについて、現在事業中の小田急小田原線の連続立体交差事業では、6.4km の区間を複々線化するために、事業費 1900 億円を要している。これを 1km 当たりの単価にすると約 300 億円となり、複線、複々線の違いはあるが地下鉄新設の建設費とほとんどコスト的には変わらない。

また、東京都市計画道路環状第 2 号線（新橋～虎ノ門）建設事業では、平面部 0.5km、トンネル部 0.9km の計 1.35km の道路整備と、これとあわせて実施する市街地再開発事業が予定されており、この整備に係る事業費は、約 2000 億円が想定されている。既に稠密に土地利用が行われている都心部では、新たに広大な道路用地を買収することが事実上不可能なことから、立体道路制度により、道路敷地の上部の空間を活用した再開発事業と一体で道路の建設を図ることとしており、費用がかさんでいる。この例では、地下を利用した高速道路の建設に対して約 2 倍の事業費がかかる見込みである。

電力事業においても、17 万ボルトを超える超高圧送電線では、送電線下の用地を買うことが義務

づけられているが、同様に都心部で用地を確保することは事実上不可能といえ、都心部で新たに超高圧送電線を架空で布設することはもはや不可能といえる。

このようなことからみれば、表 6.1 で示す程度のコストがかかるとしても、表 6.2 の事例と比較すれば、土地利用が稠密な地域では地下利用に優位性があるといえる。

表 6.2 都心部で地上を利用した場合の事業単価

事業種	事業名	延長	事業費	事業単価
鉄道	小田急小田原線連続立体交差及び複々線化事業	6.4km	約 1900 億	約 300 億/km
道路	都市計画道路環状第 2 号線（新橋～虎ノ門）	1.35km	約 2000 億	約 1500 億/km

6.2.2 シールド工法における掘削単価

地下水への影響、水圧への対応等を考えれば、現時点で都市部の大深度地下を掘削する工法としては、密閉式シールド工法によらざるを得ない。

現在、シールド工法の掘削単価がどの程度なのか、1990 年 4 月から 1995 年 3 月までに実施されたシールド工事の実績をもとに検討した。

図 6.1 に、掘進距離 1000m 以上のシールドトンネルの 1 m² 及び 1 m³ 当たりの掘削単価と掘削断面との関係を示す。

掘削断面が小さいものは、掘削単価に大きなばらつきがあるが、これは、トンネルの掘削経費に占める仮設費等の割合が高く、現場条件によってこれらの経費が異なっているためと考えられる。

しかしながら、トンネル規模が大きくなるにしたがって、1 m³ 収当たりの単価は収束しており、トンネルの掘削単価としては、概ね 1 m³ 当たり 100,000 円程度であるといえる。

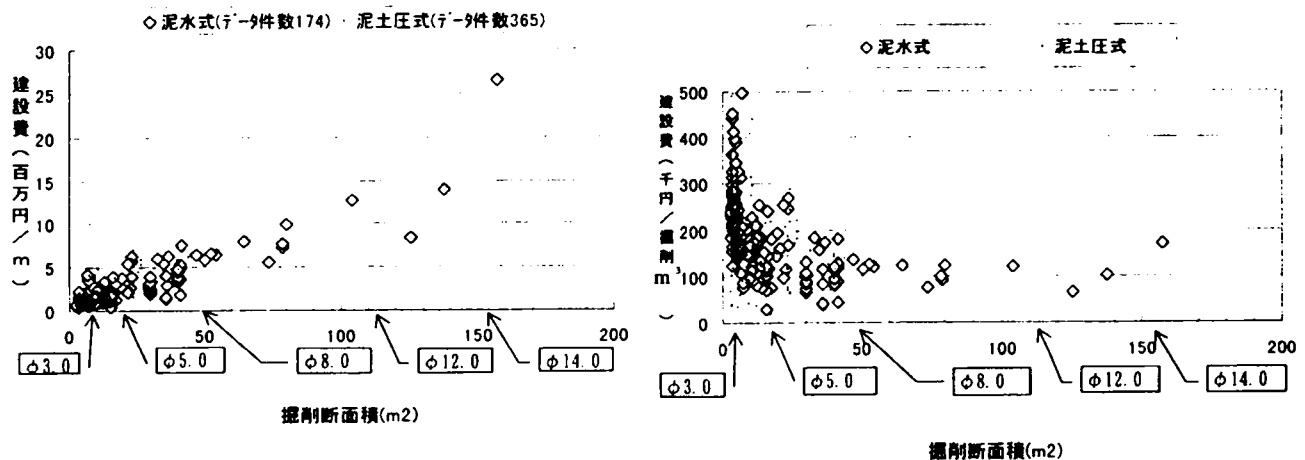
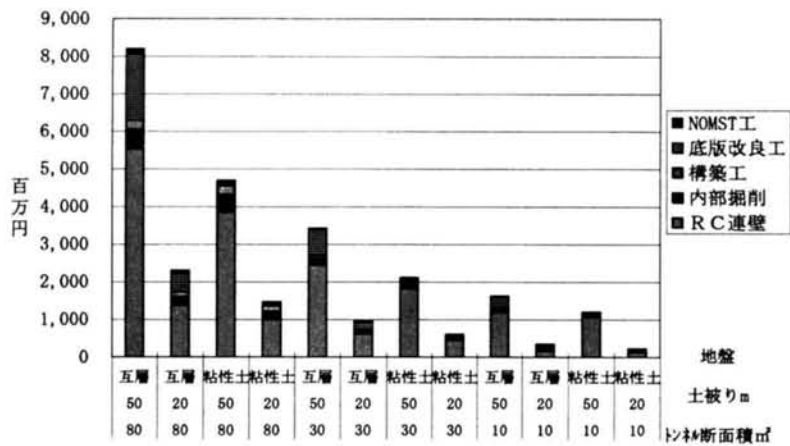


図 6.1 掘進距離 1000m 以上のシールドトンネルの掘削単価

また、(社)日本トンネル技術協会は、平成 10 年度に大深度地下利用技術調査小委員会を設置し、立坑、シールドトンネル、山岳工法について、大深度化に伴う工事費への影響の試算を行っている。

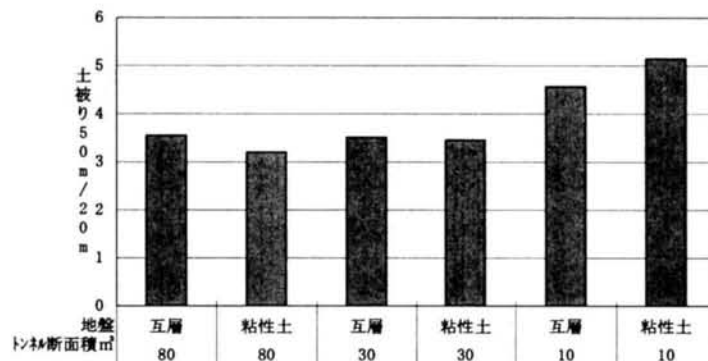
土被り 20m のトンネルと土被り 50m のトンネルのシールドマシンの発進を想定し、トンネル径、地盤を変化させて試算を行っている。試算結果を図 6.2 に示す。

立坑建設費は、トンネル口径、土被り、土質の状況によって大きく異なるが、費用としては、連続地中壁を構築する費用が全体の 7 割から 8 割とほとんどを占め、ついで底版改良となることがわかる。



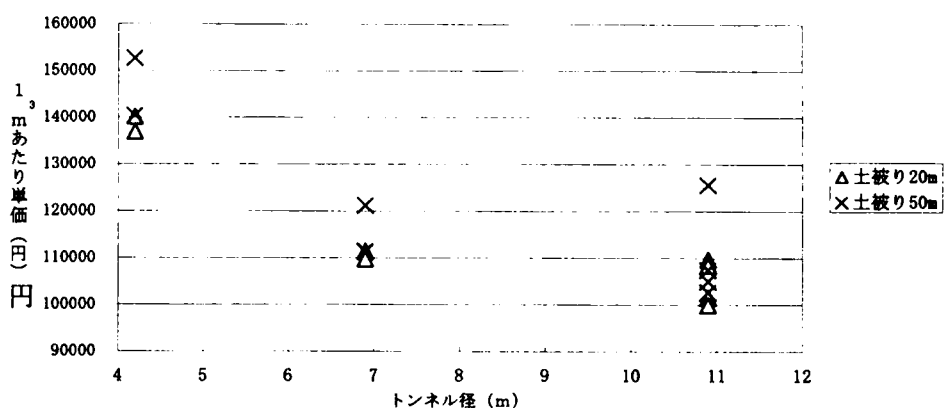
資料：(社)トンネル技術協会資料¹⁾をもとに作成
図 6.2 立坑掘削費用の試算結果

同一地盤で、土被りが 20m から 50m に変化することによりどの程度のコストアップとなるのか、土被り 20m の場合を 1 とし、土被り 50m の費用との比較を行った。図 6.3 に結果を示す。
トンネル断面積により、大きな違いはあるが、大深度化に伴い、3 倍から 4 倍のコストがかかっており、縦方向のアクセスについては、大深度化により大きくコストが増加することがわかる。



資料：(社)トンネル技術協会資料¹⁾をもとに作成
図 6.3 大深度化による立坑掘削費用の増加率

また、大深度化によるシールドトンネルの掘削費用への影響については、大深度の場合は土丹、洪積砂礫、洪積砂質土、洪積粘性土、浅い場合は沖積砂質土、沖積粘性土の条件を仮定して試算を行っている。この結果を図 6.4 に示すが、1m³ 当たりの単価については、10 万円以上となっており、先の工事発注価格の調査よりは若干割高な結果となっている。
傾向としては、シールドトンネルが大口径になればなるほど、1m³ 当たりの単価は減少しており、大規模化により施工が難しくなるが、一方、スケールメリットと相殺すれば、大規模化によるスケールメリットの効果が出るようである。また、土被り 20m と土被り 50m との比較では、ほとんど有為な差はないといえ、大深度地下にトンネルを掘ることとなっても、横方向の掘削については、ほとんど浅い場合とコスト的には違いが生じないことがわかる。



資料：(社) トンネル技術協会資料¹⁾をもとに作成

図 6.4 シールドトンネル 1m³ 当たりの掘削単価

これより、大深度地下化によって、大きくコストアップするのは、立坑掘削費用であり、大深度地下に施設を設置するに際しては、地上とのアクセスはなるべく少なく、また、アクセスする箇所についても出来るだけ浅い箇所を利用する方が、事業費の面からは有利である。したがって、地上とのアクセス間隔が長く、アクセス部について道路などの公共用地を活用し、浅い深度で地上とアクセスできる事業が有利といえる。

また、これらの事例からは、シールドトンネルについては、1m³ 当たりの掘削単価は 10 万円程度が目安といえる。

この単価が、海外における地下掘削単価や国内の他の工法による単価と比較すればどの程度の数値になるのか検討した。結果を表 6.3 に示す。

表 6.3 海外等における地下掘削単価

事業名	国	都市	費用	工法	資料
ヴィーキンマキ下水処理場	フィンランド	ヘルシンキ	約 5200 円/m ³	NATM	1
ストックホルム地下鉄トンネル	スウェーデン	ストックホルム	約 26000 円/m ³	NATM	3
グレートベルト海峡トンネル	デンマーク		約 50000 円/m ³	シールド	3
ベツベルクトンネル	スイス	N3 ハイウェイ	約 30000 円/m ³	TBM	3
マッキントッシュ発電所	アメリカ		約 1000 円/m ³	熔解掘削法	1
坪林道路トンネル (先進導坑)	台湾		約 28000 円/m ³	TBM 工法	2
シカゴ上水トンネル	アメリカ	シカゴ	約 32000 円/m ³		2
スーパーカミオカンデ	日本	岐阜県	約 40000 円/m ³	NATM 工法	1

1:担当者からのヒヤリングにより作成

2:海外トンネル事情(1998)版 ジェオフロンテ研究会編を参考に算定

3:欧州における地下空間の建設技術及び利用に関する調査団報告書(平成2年8月)財団法人先端建設技術研究所を参考に算定

国内の NATM 工法で大空間を構築した場合では、1 m³ 当たりの単価は 4 万円程度であり、シールドによる場合と約 2 倍の差がある。

海外の掘削単価との比較については、様々な工法があり、一概に比較は出来ないが、日本の掘削単価は海外の約 10 倍～数倍程度となっている。これは、岩盤と日本の軟弱地盤との違い、特に、北欧等では掘削土が骨材として販売可能であるのに対し、日本では産廃として処理をしなければならない

など様々な面が総合してこのような結果になっているものと思われる。

しかしながら、海外の一部の都市では、地下掘削が非常に低コストであることから、地上部になくともよい施設を地下化する事業が数多く進められている。例えば、第5章で紹介したヘルシンキのように駐車場、幹線道路、駅前ロータリーなどを地下化して、地上部は人間の活動空間とする計画が実施されている。

日本においても、地上部に施設を新設することと比べれば、現在でも地下利用の方がコスト的に優位な地域もあるが、さらにコスト削減が進むとともに地下利用の技術が発展すれば、都市における地下利用が爆発的に進む可能性が大きい。

北欧並とは言わないが、もし、トンネルの掘削コストが 1/10 になれば、都市における公共施設整備のあり方が根本的に変わってくるとともに、都市の姿そのものが一変する可能性がある。

6.3 大深度地下利用がもたらす建設コストへの影響

大深度地下使用制度を活用することによって、事業コストがどのように変化するか、予測することは難しいが、一般的には、各項目毎に表 6.4 の通りの傾向があるといえる。

傾向としては、建設工事に関するコストについて、単純には大深度地下化によって増加傾向にあるといえるが、線形の改善などによっては減少する可能性もあるといえる。一方、制度の活用による事業期間の短縮、補償費の節減など事業の円滑な実施に伴うコストについては、総じて減少するといえ、各事業の計画に照らし合わせて、それぞれ得失を勘案して判断する必要があるといえる。

表 6.4 大深度地下利用における事業費の増減

事項	費用の増減
施設の大深度化	
立坑、トンネルの大深度化	増
安定した地盤、立坑数の減	減
線形に自由度の向上 (最適な路線、距離の短縮)	減
用地補償費	減
用地取得の期間の短縮化 (金利負担の軽減)	減
施設の性格、設備条件の変化	増または減

ここでは、大深度地下化により建設コストがどのように変化するか、また、事業期間の短縮化がどの程度のコストダウンをもたらすのかについて検討した。

6.3.1 大深度地下利用と建設コスト

大深度地下化によって、建設コストにどの程度影響するのか、いくつかの地盤条件を仮定して、建設コストの試算を行った。

立坑を掘削し、水平に 5km を片掘進するものとして、トンネル径 10m、15m の 2 ケースについて建設コストの試算を行った。

水平掘進距離については、大深度地下利用の特性を考えれば、地上とのアクセスを極力減らす方がコスト的に有利であることから、現行でのシールドトンネルの最長掘削延長を参考に 5km を仮定した。

試算するトンネル深度については、比較対象となる浅深度地下の場合を土被り 30m とし、大深度地下については、東京の台地部の地盤を想定し、大深度地下のうち最も浅い部分である土被り 40m にトンネルを設置するケースと、東京臨海部を想定し、支持層位置が 50m のケース、大阪の上町台地以西で第二洪積砂礫層を支持層と想定したケースの 3 種類の地盤を想定した。

それぞれ試算を行ったケースの支持層位置、土被りなどを表 6.5 に、これを図示したものを図 6.5 に示す。

表 6.5 試算したケース

地盤条件	浅深度		東京(台地部)		東京(臨海部)		大阪	
シールド外径	10m	15m	10m	15m	10m	15m	10m	15m
シールド延長	5km	5km	5km	5km	5km	5km	5km	5km
支持層位置	—	—	25m	25m	50m	50m	65m	65m
前提とする建築物基礎形式	—	—	直接	直接	杭	杭	杭	杭
支持層上面からの離隔距離	—	—	15m	15m	12m	17m	12m	17m
土被り	30m	30m	40m	40m	62m	67m	77m	82m

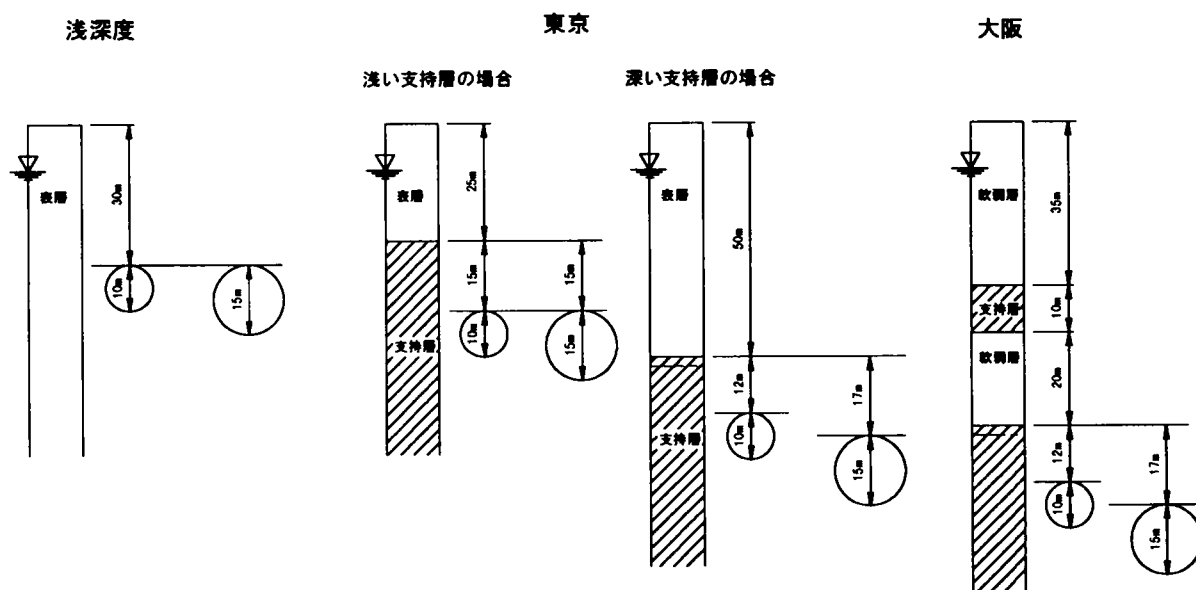


図 6.5 算定に用いた地盤のイメージ図

このシールド掘進に必要な立坑は、連続地中壁により構築するものとして、東京湾横断道路（外径 14.14 m）、首都圏外郭放水路（外径 12.5 m）の実績を踏まえ、その規模を表 6.6 のように仮定した。

また、シールドトンネルの覆工厚についても表 6.6 のとおりとした。

表 6.6 立坑規模の算定根拠

項目	算定式	根拠（備考）	資料
立坑深さ	シールド土被り＋シールド外径＋底版厚	シールド機架台分は省略した	－
底版厚	$(\text{シールド土被り} + \text{シールド外径}) \times 0.0935$	底版厚/ $(\text{シールド土被り} + \text{シールド外径})$ =6m/(50+14.14)=0.0935	横断
RC 連壁厚	$(\text{シールド土被り} + \text{シールド外径}) \times 0.0339$ 但し 掘削機性能から 3.2m を上限	連壁厚/ $(\text{シールド土被り} + \text{シールド外径})$ =2.1m/(50+12)=0.0339	外郭
最大本体厚	$(\text{シールド土被り} + \text{シールド外径}) \times 0.053$	最大本体厚/ $(\text{シールド土被り} + \text{シールド外径})$ =3.3/(50+12)=0.053	外郭
平均本体厚	$(1\text{m} + \text{最大本体厚})/2$	地上部の本体厚を 1m と仮定	－
立坑内径	シールド外径 $\times 2.5$	立坑内径/シールド外径=30/12=2.5	外郭
本体外径	立坑内径＋平均本体厚 $\times 2$		－
立坑外径	本体外径＋RC 連壁厚さ $\times 2$		－
二次覆工厚	外径 15m で 35cm、10m で 25cm	事例より	横断
セグメント厚	トンネル径 10m → 浅深度 40cm、大深度 50cm トンネル径 15m → 浅深度 60cm、大深度 75cm	修正慣用計算法により照査	

注：「資料」の欄の「横断」は東京湾横断道路諸元を参考に、「外郭」は首都圏外郭放水路諸元を参考としたもの。

この算定根拠をもとに、それぞれの試算ケースにおける立坑及びシールドトンネルの仕様を計算すると表 6.7 の通りとなる。

表 6.7 立坑及びシールドトンネルの諸元

地盤条件	浅深度		東京(台地部)		東京(臨海部)		大阪	
シールド外径	10m	15m	10m	15m	10m	15m	10m	15m
土被り(m)	30.0	30.0	40.0	40.0	62.0	67.0	77.0	82.0
底版厚さ(m)	3.7	4.2	4.7	5.1	6.7	7.7	8.1	9.1
立坑深さ(m)	43.7	49.2	54.7	60.1	78.7	89.7	95.1	106.1
RC 連壁厚さ(m)	1.4	1.5	1.7	1.9	2.4	2.8	2.9	3.2
RC 連壁長さ(m)	72.8	82.0	91.2	100.2	131.2	149.5	158.5	170.0
最大本体厚さ(m)	2.1	2.4	2.7	2.9	3.8	4.3	4.6	5.1
平均本体厚さ(m)	1.6	1.7	1.9	2.0	2.4	2.7	2.8	3.1
立坑内径(m)	25.0	37.5	25.0	37.5	25.0	37.5	25.0	37.5
本体外径(m)	28.2	40.9	28.8	41.5	29.8	42.9	30.6	43.7
立坑外径(m)	31.0	43.9	32.2	45.3	34.6	48.5	36.4	50.1
二次覆工厚(cm)	25.0	35.0	25.0	35.0	25.0	35.0	25.0	35.0
セグメント厚(cm)	40	60	50	75	50	75	50	75

大深度化によって、立坑の規模が大きくなるとともに、シールドトンネルについてもセグメント厚が 10 ～ 15cm 厚くなっており、建設コストを押し上げる一因となっていることがわかる。

建設費を試算するための単価については、各発注単価、各種施工単価をもとに物価変動等を考慮して表 6.8 の通りとした。

表 6.8 建設費算出に用いた施工単価

費目	単価
シールドマシン単価	トンネル径 10m → 38,197 千円/m ³ トンネル径 15m → 61,000 千円/m ³
セグメント単価	トンネル径 10m → 360 千円/m ³ トンネル径 15m → 104 千円/m ³
シールド掘削単価	30 円/m ³
セグメント単価	360 円/m ³
RC 連壁単価	255 円/m ³
立坑本体単価	160 円/m ³
立坑内部掘削単価	20 円/m ³

資料：平成 8 年度大深度地下利用に関する技術的検討事項に関する調査報告書

なお、掘削土処理施設等の仮設工については、1 カ所あたり 50 億円とした。これらの条件のもとに、各ケース毎に建設費を試算した。

トンネル径 10m の場合の試算結果を表 6.9 に、トンネル径 15m の場合の試算結果を表 6.10 に示す。

表 6.9 トンネル径 10m の場合の建設費の試算結果

	東京 浅深度		東京 大深度(直接基礎)		東京 大深度(杭基礎)		大阪 大深度(杭基礎)	
	土被り 30 m		土被り 40 m		土被り 62 m		土被り 77 m	
	セグメント厚 40 cm		セグメント厚 50 cm		セグメント厚 50 cm		セグメント厚 50 cm	
	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)
① シールドマシン	3,000,000	5.4%	3,000,000	4.8%	3,000,000	4.4%	3,000,000	4.0%
② 掘削工	11,775,000	21.2%	11,775,000	18.9%	11,775,000	17.2%	11,775,000	15.9%
③ セグメント	21,780,000	39.3%	26,820,000	43.0%	26,820,000	39.2%	26,820,000	36.2%
④ 二次覆工	9,700,000	17.5%	9,500,000	15.2%	9,500,000	13.9%	9,500,000	12.8%
⑤ 仮設工	5,000,000	9.0%	5,000,000	8.0%	5,000,000	7.3%	5,000,000	6.7%
⑥ 立坑	4,188,210	7.6%	6,275,360	10.1%	12,347,995	18.0%	18,091,505	24.4%
合計	55,443,210	100.0%	62,370,360	100.0%	68,442,995	100.0%	74,186,505	100.0%
工事費の比率	1.0		1.12		1.23		1.34	

表 6.10 トンネル径 15m の場合の建設費の試算結果

	東京 浅深度		東京 大深度(直接基礎)		東京 大深度(杭基礎)		大阪 大深度(杭基礎)	
	土被り 30 m		土被り 40 m		土被り 67 m		土被り 82 m	
	セグメント厚 60 cm		セグメント厚 75 cm		セグメント厚 75 cm		セグメント厚 75 cm	
	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)
① シールドマシン	10,778,700	9.5%	10,778,700	8.4%	10,778,700	7.6%	10,778,700	7.2%
② 掘削工	26,505,000	23.3%	26,505,000	20.6%	26,505,000	18.7%	26,505,000	17.8%
③ セグメント	48,780,000	42.9%	60,480,000	47.0%	60,480,000	42.8%	60,480,000	40.5%
④ 二次覆工	14,800,000	13.0%	14,500,000	11.3%	14,500,000	10.3%	14,500,000	9.7%
⑤ 仮設工	5,000,000	4.4%	5,000,000	3.9%	5,000,000	3.5%	5,000,000	3.4%
⑥ 立坑	7,860,960	6.9%	11,532,755	9.0%	24,172,945	17.1%	31,942,215	21.4%
合計	113,724,660	100.0%	128,796,455	100.0%	141,436,645	100.0%	149,205,915	100.0%
工事費の比率	1.0		1.13		1.24		1.31	

大深度化することにより、セグメント厚が増大するとともに、立坑の深さ増大するため、大深度地下のうち土被り 40m の浅い部分を利用する場合で 1 割程度、深くなるとさらに増大し 3 割程度建設コストが増大することがわかる。

しかしながら、浅深度地下を利用した場合は、道路線形等に制約されるため、2 点間を最短距離で結ぶことができず、最短距離に比べ延長が長くなるが、大深度地下利用では 2 点間を直線で結ぶことが可能であり、浅深度地下利用に比べて掘進延長が短くなると考えられる。

例えば、図 6.6 に示す通り、路線上に直交する箇所が 1 か所ある場合と 2 点間を最短で結ぶ場合は、直角三角形の短辺 2 辺と長辺の関係としてモデル化することができる。この場合、最も距離に違いが出るのは、直角二等辺三角形となる場合であり、約 30% の距離の短縮効果が生じることとなる。一般的に、どの程度の距離の短縮効果が生じるかは、ケースバイケースであり、例えば、図 4.1 に示すような 90° を大きく上回るカーブとなっている場合など、さらに距離の短縮が見込める場合もあるが、仮に 25% 程度の距離の短縮効果が見込めるとして、その効果を見込んで建設コストを試算すると表 6.11 及び表 6.12 のとおりとなる。

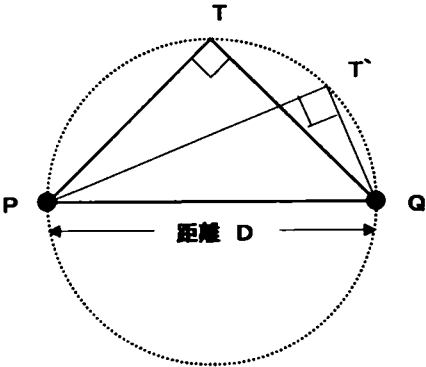


図 6.6 直交カーブが一か所ある場合と直線距離との関係

表 6.11 距離の短縮効果が見込める場合の建設費の試算結果（トンネル径 10m）

	東京 浅深度		東京 大深度(直接基礎)		東京 大深度(杭基礎)		大阪 大深度(杭基礎)	
	土被り 30 m		土被り 40 m		土被り 62 m		土被り 77 m	
	セグメント厚 40 cm		セグメント厚 50 cm		セグメント厚 50 cm		セグメント厚 50 cm	
	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)
① シールドマシン	3,000,000	5.4%	3,000,000	6.0%	3,000,000	5.3%	3,000,000	4.8%
② 掘削工	11,775,000	21.2%	8,831,250	17.5%	8,831,250	15.7%	8,831,250	14.2%
③ セグメント	21,780,000	39.3%	20,115,000	40.0%	20,115,000	35.7%	20,115,000	32.4%
④ 二次覆工	9,700,000	17.5%	7,125,000	14.2%	7,125,000	12.6%	7,125,000	11.5%
⑤ 仮設工	5,000,000	9.0%	5,000,000	9.9%	5,000,000	8.9%	5,000,000	8.0%
⑥ 立坑	4,188,210	7.6%	6,275,360	12.5%	12,347,995	21.9%	18,091,505	29.1%
合計	55,443,210	100.0%	50,346,610	100.0%	56,419,245	100.0%	62,162,755	100.0%
工事費の比率	1.0		0.91		1.02		1.12	

表 6.12 距離の短縮効果が見込める場合の建設費の試算結果（トンネル径 15m）

	東京 浅深度		東京 大深度(直接基礎)		東京 大深度(杭基礎)		大阪 大深度(杭基礎)	
	土被り 30 m		土被り 40 m		土被り 67 m		土被り 82 m	
	セグメント厚 60 cm		セグメント厚 75 cm		セグメント厚 75 cm		セグメント厚 75 cm	
	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)	工事費(千円)	合計に対する比率(%)
① シールドマシン	10,778,700	9.5%	10,778,700	10.4%	10,778,700	9.3%	10,778,700	8.7%
② 掘削工	26,505,000	23.3%	19,878,750	19.2%	19,878,750	17.1%	19,878,750	16.1%
③ セグメント	48,780,000	42.9%	45,360,000	43.9%	45,360,000	39.1%	45,360,000	36.6%
④ 二次覆工	14,800,000	13.0%	10,875,000	10.5%	10,875,000	9.4%	10,875,000	8.8%
⑤ 仮設工	5,000,000	4.4%	5,000,000	4.8%	5,000,000	4.3%	5,000,000	4.0%
⑥ 立坑	7,860,960	6.9%	11,532,755	11.2%	24,172,945	20.8%	31,942,215	25.8%
合計	113,724,660	100.0%	103,425,205	100.0%	116,065,395	100.0%	123,834,665	100.0%
工事費の比率	1.0		0.91		1.02		1.09	

なお、実際の事業では直線部は RC セグメントを使用しているが、急カーブ部は、高価な鋼鉄製のセグメントを使用している事例が多い、また、カーブに対応するため、中折れ式など特殊なシールドマシンを使用する等、直線的に掘削することと比較してコストアップ要因もあるが、試算においてはこれらを考慮していない。

試算結果より、距離の短縮効果を見込めば、浅深度地下でトンネルを設置するのに対して、コスト的にも1割程度減少することとなり、大深度地下化によるコスト増と距離短縮効果のコスト減とを相殺させても、建設コストの面においてにメリットが生じる可能性が十分あることがわかる。

現在、大深度地下利用制度の成立を踏まえ、事業者が浅深度地下(道路地下等)を利用した場合と大深度地下を利用した場合とを比較し、事業計画の見直しを行っているが、検討の途上ではあるが、建設コストの面においても大深度地下利用の方がメリットが大きい方向で検討されている事業も多い。

それぞれの想定地盤において、コストの変化を視覚的に捉えるため、浅深度地下→大深度地下→大深度地下（距離縮減効果有り）と算定した結果をケース毎に比較できるようグラフ化すると図 6.7 及び図 6.8 のとおりとなる。

これより、大深度化によって、立坑掘削費、セグメント費が大きく増加するが、掘削距離の短縮により掘削工、セグメント、二次覆工のシールドトンネルにかかる建設費が削減され、総建設費の削減が可能となることがわかる。

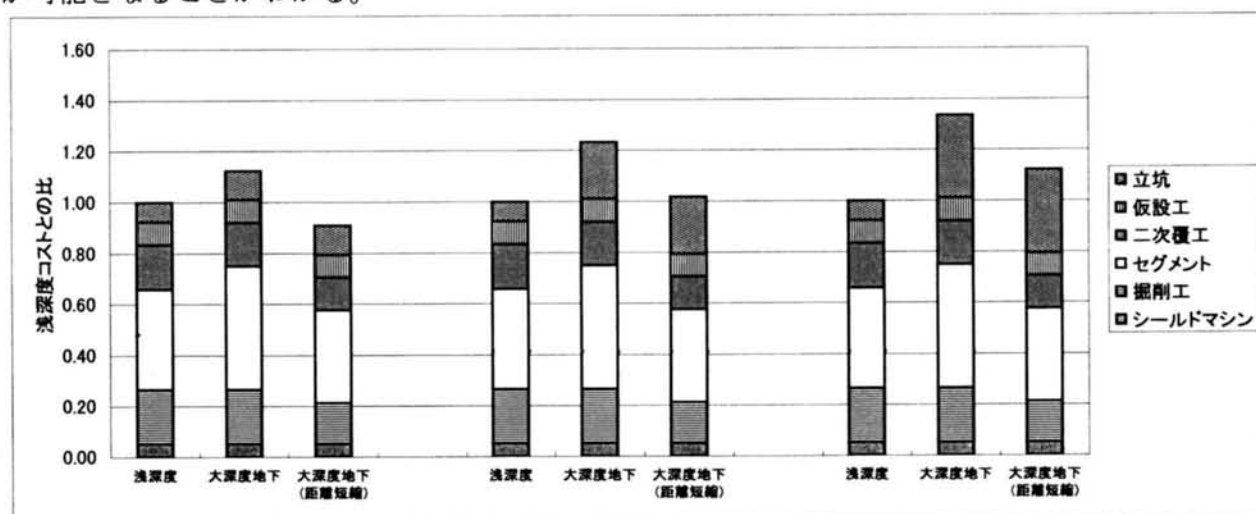


図 6.7 建設コストの試算結果（トンネル径 10m）

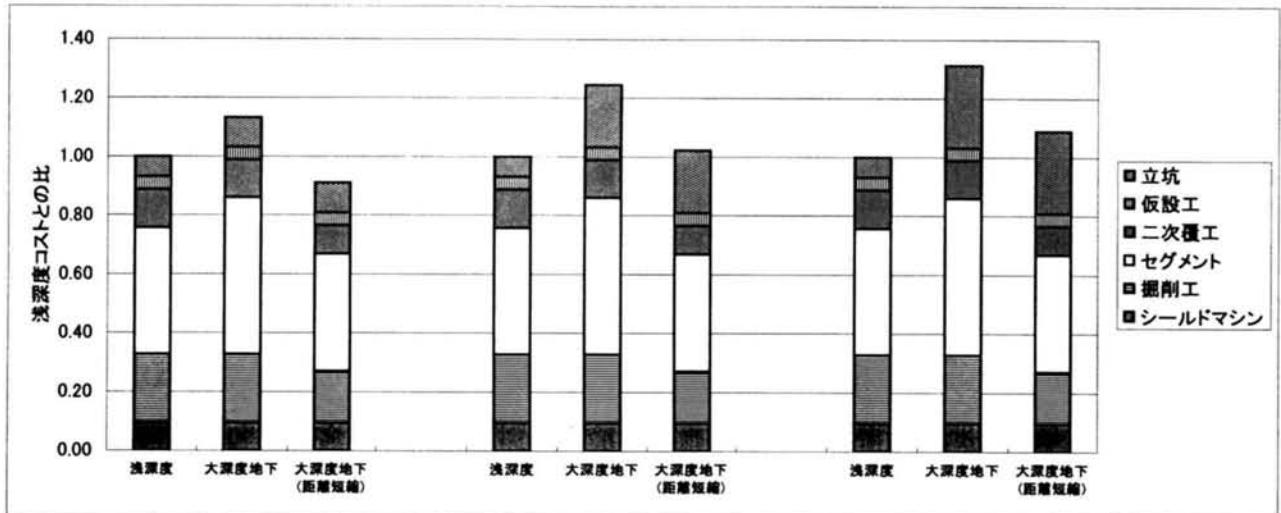


図 6.8 建設コストの試算結果（トンネル径 15m）

また、この図からは、深い地下になればなるほど、立坑のコストが大きくなり、建設費が増加する大きな要因となっていることがわかる。したがって、立坑の掘削費用が削減できれば、より一層のコスト削減が可能といえる。

試算においては、立坑をトンネル深度まで掘削して、水平に発進することとしているが、図 6.9 に示すとおり、浅い深度から発進して、道路地下、公園地下等の土地を利用して大深度地下に相当する深度まで下げ、これ以降、大深度地下を利用することとすれば、立坑コスト掘削の分さらに建設コストを削減することが可能である。このような工夫を行うことは現実的であり、さらにコスト削減が可能といえる。

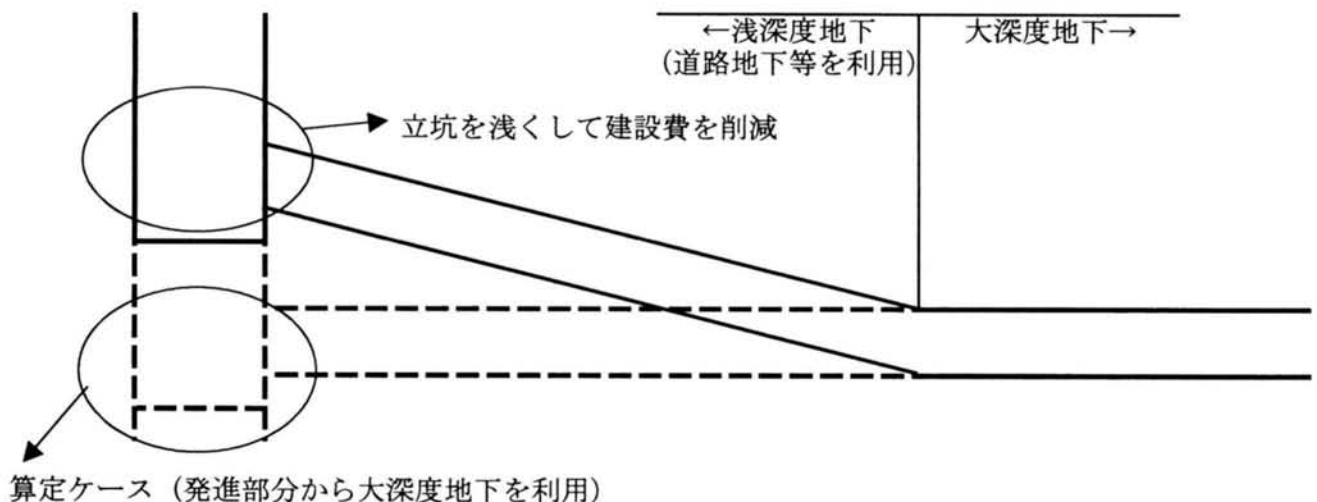


図 6.9 立坑掘削コストの縮減方法

6.3.2 大深度地下利用に伴うコスト削減の可能性

単純に深度を深くするだけでは、建設コストは増大するが、堅く締まった地盤であるという大深度地下地盤の特性等をうまく活用することによっても建設コストを削減する可能性があるといえる。

算定に用いた各項目毎に見れば、シールドマシンの費用については、大深度地下化により地盤が堅

くなり、ビットの摩耗については十分配慮する必要はあるものの、直線的に掘進が可能となったことから、急カーブを曲がる必要もなく、また、民地地下を利用できることから、官民境界ぎりぎりを掘進するための正確な制御管理も必要なくなる。さらに、比較的固く均質な地盤を掘削すること、地盤の自立性が高いことから、掘進のための複雑な機構も不要といえ、機能としては、まっすぐに掘ることに特化したシールドマシンを採用することにより、マシン単価の削減も可能ではないかと考えられる。

また、海外では一般的だが、複数工区の仕様を共通化し、シールドマシンを複数回利用することによるコスト削減も考えられる。

掘削工については、残土の処理費用の占める割合が大きく、特に泥水加圧シールドでは、残土を産業廃棄物扱いせざるを得ない例が多く、処分地が遠方で、処理自体のコストもかさむという問題がある。また、交通量の限界から都市部では掘削土の運搬量が事実上、掘削スピードのクリティカルパスとなっており、これらについて解決でき、高速掘進が実用化すれば、コスト削減も大きく可能といえる。

このためには、残土の再資源化、減量化が必要といえ、現在でも一部、泥水加圧シールド工法の残土の再利用も進められているが、技術開発により残土そのものが発生しない、発生しても現地の建設資材として再利用が可能となることが求められているといえる。

次に、セグメント工については、図 6.7 及び 6.8 のとおり、コストの大半を占めており、このコストを削減することができれば、全体の建設コスト削減にも大きく資することとなる。このためには、セグメントを現場製造するなど、セグメント自体のコストダウンを図ることも重要であるが、大深度地下地盤は固く締まった地盤であり、例えば、ロックボルトとセグメントによる施工を行い NATM とシールドの中間領域として、地盤そのものの強度とセグメントによりトンネルを保持する工法等ができればセグメントそのものを大きく簡略化ができるといえる。

また、大深度地下では、高い地下水圧が作用するため、これを止水するための構造が必要であるが、地下水の漏水を許容することによって、水圧分を軽減することができれば、かなりセグメント厚を薄くすることができ、コスト削減が可能といえる。このためには、現在の大都市部での地下水の汲み上げ規制に鑑み、どの程度の漏水なら地下水環境へ影響がないのか、汲み上げた地下水を飲料用水等として利用できるのか（現在は下水に放流する必要があり、コスト的に高価）等について慎重に検討する必要があるが、これらが解決すれば、都市型 NATM 工法による大深度地下利用の道筋が開けるといえる。

二次覆工については、現在でも、極力省く傾向にあり、将来的には建設時点で、二次覆工を行われないようになるのではないかと考えられる。

仮設工については、発注ロットを拡大し、複数トンネルの仮設設備の共用化等の対応によりコスト削減が可能といえる。

立坑についても、ケーソン掘削の水中施工化、地中連続壁の本体利用等によるコスト削減が行われているが、地上とのアクセス部分はできるだけ浅いほうが施設としての利便性も高まることから、公共用地地下等の活用し、できるだけ地上とのアクセス部は浅くする工夫をすべきといえる。

さらに、トンネルの掘り方自体を変えることも考えられる。究極のトンネル工法が何かと考えると、トンネル掘進と同時に覆工も行い、かつ、トンネル掘削による掘削土等の排出物が全く生じず、環境への負荷を与えない工法ではないかといえる。どのような工法によってこれが可能か、今後の技術開発によるが、例えば、図 6.10 に示すように、ドイツでは、炎により地盤を熔解し、トンネル周辺を焼き固め、覆工の代わりとするとともに、排出物をゼロにすることが提案されている。また、手法を代えればレーザーで焼く方法も考えられる。

シールドトンネルは、1843 年にテムズ川渡河部分で竣工して以降、様々な技術開発が行われ、今後とも、都市部の地下利用の主流を担う工法といえるが、いろいろ視点を変えて、これに変わる新しい掘削技術の開発を行うことも重要といえる。

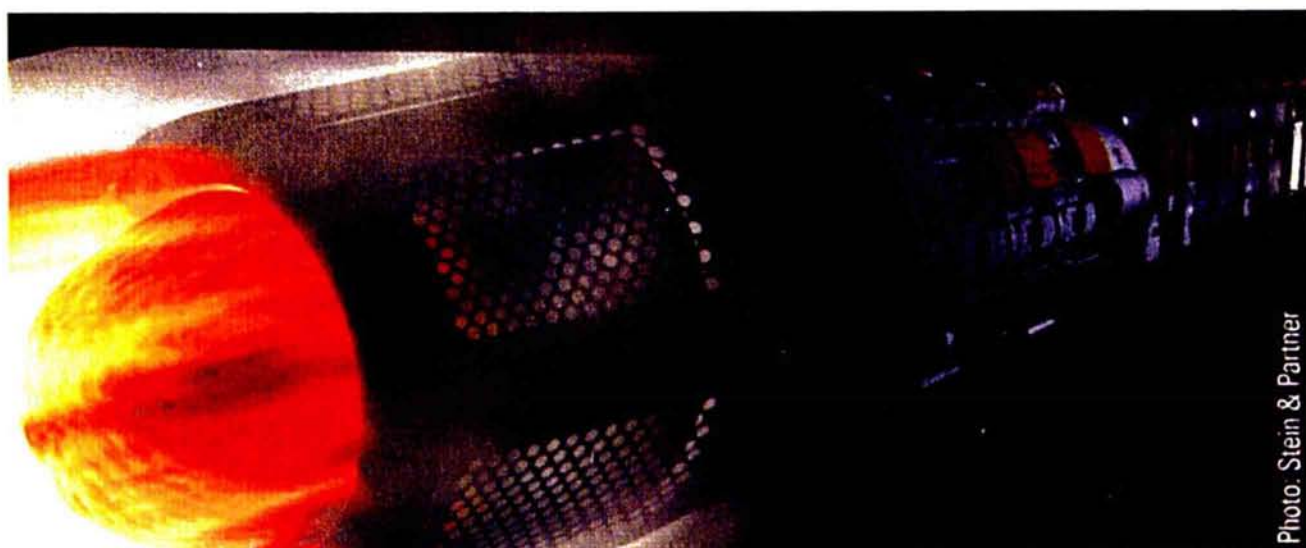


Photo: Stein & Partner

図 6.10 炎によりトンネル掘進を行う工法のイメージ図

6.3.3 建設期間の短縮とコスト

大深度地下利用制度では、原則無補償、かつ、地権者の合意が無くとも地下を使用できることから、従来のように用地取得のスケジュールに左右されず、円滑に事業を実施できることが期待される。

図 6.11 に示すとおり、近年、用地交渉の不調等から、工事期間は延びる傾向にあり、特に、第 2 章に示す半蔵門線や東葉高速鉄道の事例に見られるように、民有地地下の通過の交渉に 10 年以上を要した事例もあり、深刻な問題となっている。これらの影響が事業にどのような影響を与えるのか、事業期間の延長により、どの程度の金利負担が生じるのかを試算した。

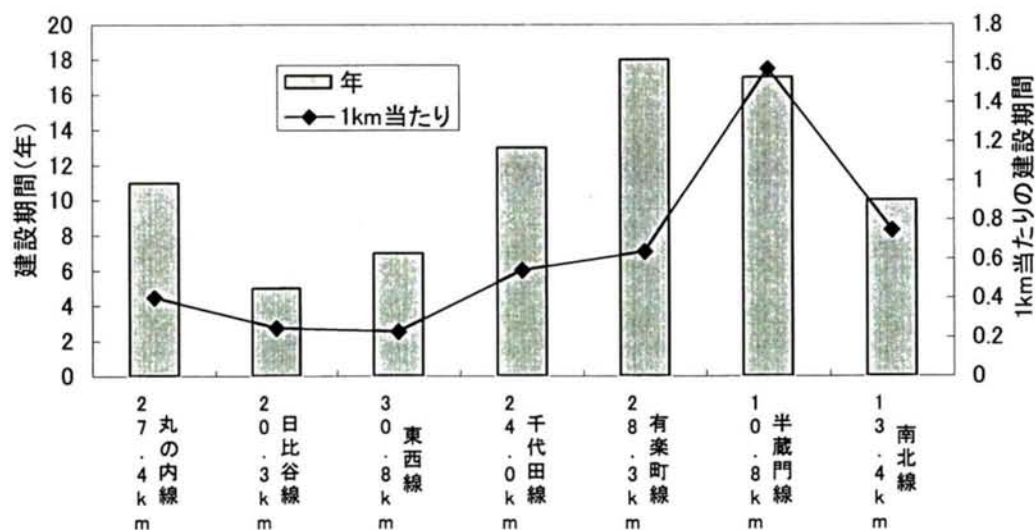


図 6.11 地下鉄における建設期間の推移

試算に当たっては、表 6.13 の前提条件を仮定し、総建設費を毎年等分して支払う場合に、金利負担がどの程度発生するのか試算を行った。結果を図 6.12 に示す。

表 6.13 建設費の試算の前提条件

項目	試算条件
総建設費	2000 億円と想定
標準建設期間	5 年と想定（年額 400 億円/年）
工事費借入金利	5 %と想定

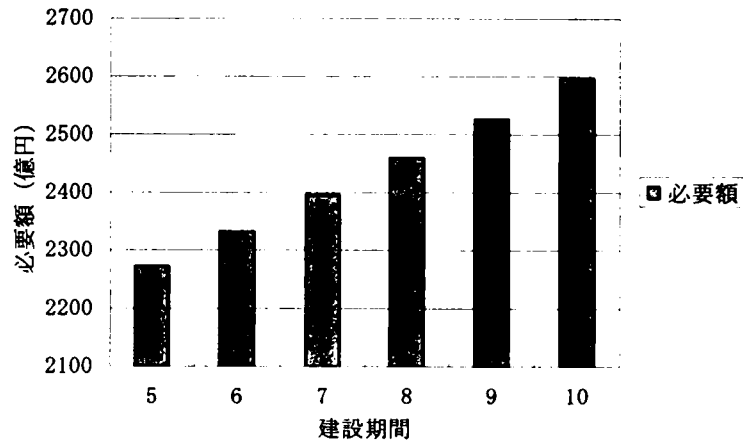


図 6.12 建設期間と必要額の推移

これより、3 年間建設期間が増えることにより 8%、5 年間の増加で 14%の金利負担が発生することがわかる。この試算はあくまでも、事業費にかかる金利についてのみ試算したものであり、建設現場の維持管理期間の増加やその間の料金収入がゼロとなること等の影響については考慮しておらず、これらの影響を考えれば、さらに、期間の増加がもたらす影響はさらに大きいといえる。

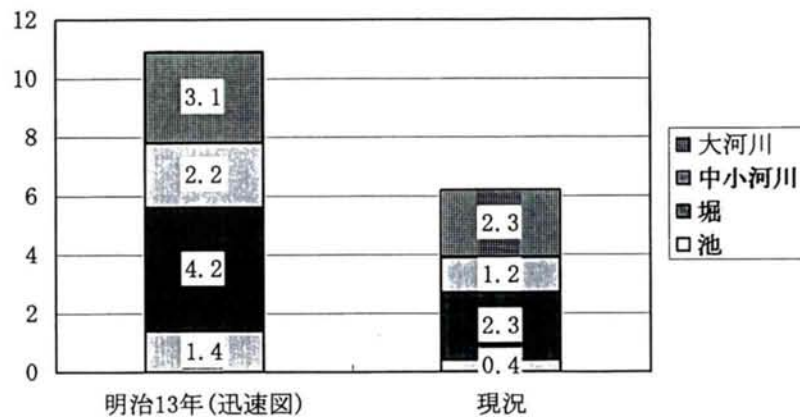
地下鉄建設期間が予定より延長される理由は、ほとんどが用地交渉の難航であり、用地交渉が不要となり、事業計画通りに事業を実施できるようになれば、コストの増加が大きく抑制、もしくは、コストを大きく削減できることがわかる。

6.4 大深度地下を活用した都市の新生方策

都市を高さ方向に階層的にとらえると、図 6.13 の左側に示す通り、地表部としては、一般道路を中心に車中心の土地利用となっており、これに加え、高さ方向に高架道路、高架鉄道が整備され都市景観に負荷を与えている状況となっている。

一般道路については、日常的に混雑しており、歩行者ネットワークを分断するとともに、環境、交通安全等様々な問題を引き起こしている。

21 世紀に向け、魅力ある都市を構築していくためには、機能一辺倒ではなく、都市景観、都市のゆとりといったことが大きな要素と考えられるが、地表部のみを活用してこれらの再構築を行うことについては限度があり、いかに地下を活用するかということが重要なポイントとなる。このためには、通過交通処理など必ずしも地上になくともよい施設を地下化するとともに、地上との関連から、地下空間の利用を整序化することが必要である。



資料：水辺空間の魅力と創造（松浦茂樹、島谷幸宏²⁾）

図 6.14 東京における水辺面積の変遷



写真 6.1 築地川の景観



写真 6.2 日本橋付近の景観

国際的な都市間競争が激しくなる中、21世紀にふさわしい魅力ある都市を構築することが求められているといえ、効率一辺倒で既存のストックを食い尽くしてきた社会資本整備を見直し、現在のストックの強化を図りつつ、地上をゆとりある空間として、緑、せせらぎを取り戻し、都市景観を再生することが必要である。

このためには、表 6.14 に示す通り、地上部に必ずしも必要ない既存ストックを地下化し、これらの問題を解決することが考えられる。

表 6.14 現在の空間利用の問題点と解決策

現在の問題点	地下を利用した解決策
高架構造物による都市景観の悪化 ・水辺空間の悪化、都市の分断	大深度地下を活用し高架高速道路を撤去
都市内道路の混雑 ・車中心の土地利用	地下道路ネットワークの形成による地上交通の地下化
道路による歩行者ネットワークの分断	地下歩行者ネットワークの形成

さらに、これに加え、大深度地下を利用した高速旅客鉄道、地下物流システム、基幹ライフラインを整備し、都市基盤を強化することが考えられる。

(2) 都市のエネルギー効率からの問題点

我が国の大都市のエネルギーの有効利用率は 34%であると言われている。外国の例を挙げると、ヘルシンキではエネルギーの有効利用率は 70%に達しており、冷房が中心的我国と暖房が熱利用の中心の北欧とでは、同列に論じることが出来ないが、二酸化炭素の削減等の面を考えれば、都市のエネルギー効率をどのように高めていくのかということも、環境時代の都市にあっては大きな課題といえる。

家庭のガスコンロのエネルギーの有効利用率は 45%程度であり、ガソリン自動車では 15%である。ヘルシンキにおいてこのような高いエネルギーの有効利用が行われている理由としては、熱電併給が挙げられる。ヘルシンキのエネルギー供給のうち熱電併給が 68.1%を占めているが、これは、郊外部の発電所などで発生し熱エネルギーを、地下を利用して、都心部まで導入しているからである。発電所はすべて天然ガスによる熱電併給システムとなっており、都市部へ電力だけでなく、熱も供給している。

一方、我が国では、電力は、電力専用の発電所によって発電され、その廃熱はほとんどが利用されず放出されている。

一般に、電力専用の場合はエネルギーの 30～40%を電力として取り出しており、残りの 70～60%は廃熱ロスとして、未利用のまま廃棄される。一方、これを熱電併給方式とした場合は、電力として取り出すのは、エネルギーの 20～30%であるが、熱エネルギーとして 50～60%を取り出す事が可能で、廃熱ロスとしては 20～30%となる。

第 5 章の海外調査でヘルシンキを調査した時点においても、エネルギー供給管を中心とする大規模な共同溝の整備が進められており、エネルギーの有効利用をますます進めようとしていることがわかる。

我が国の大都市のエネルギー損失 66%のうち需要部損失が 32%、転換部損失が 34%となっている。それぞれの内訳は、需要部損失の 32%のうち、産業部門が 13%、運輸部門が 12%、民生部門が 7%となっている。ガソリン自動車のエネルギーロス率は約 85%であり、効率的な交通システム、自動車によらない物流システムを構築し、エネルギーの有効利用を図ることにより、二酸化炭素の排出の削減を図ることが可能であることがわかる。

一方、転換部損失 34%のうち、発電損失が 25%、その他が 9%であり、膨大な発電排熱を有効利用できれば、都市のエネルギー効率が大きくアップすることがわかる。

東京都の年間エネルギー需要を石油換算すると 2400 万トンであり、うち 1/4 の 600 万トンを電力、次いで、400 万トンを都市ガス、150 万トンを LP ガス、燃料油が 1200 万トンとなっているが、熱供給は 11 万トンにしか過ぎない。東京湾沿岸には、東京都心に最も近い大井発電所をはじめとして、東京側、千葉側に多数の発電所があり、これらの排熱を活用して、熱供給を図ることが有効と考えられる。このためには、大規模な熱供給管網を構築することが必要であり、地下を有効に活用することが考えられる。これにより、二酸化炭素の環境問題についても改善が大きく図られるのではないかとと思われる。

しかしながら、第 4 章で、地下利用において都市計画制度の問題点を指摘したとおり、都市計画の描く都市像には、都市のエネルギー需給について観点はなく、また、それぞれの公益事業者もエネルギーの安定供給を至上命題としており、都市のエネルギー効率までは踏み込んでいない。これはむしろ、単独で膨大な初期投資を行うことが経済的にもペイしないという問題ともいえるが、地球規模の環境問題という新しい課題が出てきた現在において、都市に必要なインフラとは何なのか、従来の枠組みにとらわれず発想することが重要となっている。また、現在、エネルギー効率という視点から都市全

体について総合的に企画・立案する部署はなく、今後、どのような枠組みでこれを実施していくのが問題といえる。

6.4.2 民間における地下を利用した都市新生構想

1990年頃、シンクタンク、ゼネコン、コンサルタント等から表6.15に示すような様々な地下利用構想が提案され、まさに百家争鳴といえる状況が生じた。当時は、地価の高騰を背景として、地上に代わる空間として地下空間の利用が考えられ、地上の都市をそのまま地下に持ち込むようなものが多く、都市全体のあり方から見て、地下をどのように位置づけ、利用していくのかという発想に欠けたものが多い。

表 6.15 1990年頃検討された地下利用構想

施設	提案者	提案タイトル	年	提案内容
地下都市	大林組	アンダーグラウンド(地底黄金郷)構想	1990	大陸棚地下の工業用トンネルによる地下工業都市
	清水建設	アーバン・ジオ・グリッド構想	1988	拠点下都市と物流ネットワーク
	大成・電中研	アリスティネットワーク	1989	地下都市とそれを結ぶ地下ネットワーク
	間組	青山ギア	1988	直径100mの地下都市
	東急建設	ジオトラボリス構想	1991	地下高速鉄道駅と地下都市インフラ整備
	NKK	アーバン・リゾーム構想	1989	地下都市と地下物流ネットワーク
	エンジニア振協	ネオアーバンインダストリアルジオーム	1989	ドーム状の地下都市
	熊谷組	オデッセイア21	1989	地下都市拠点
交通施設	鋼材クラブ	トウキョウ・ジオ・シャトル21構想	1989	都市部大深度地下を利用した3路線の鉄道整備
	鉄建建設等	大深度地下鉄道構想	1983	地下60mに自由な線形での鉄道建設
	鹿島建設	堅型地下駐車場	1991	エレベーターシステムを活用した大深度地下駐車場
	間組	トンネル式立体駐車場[リボルバー]	1991	地下のトンネルにピストルのリボルバー式の駐車場
	鹿島建設	シールドトンネル式地下駐車場	1990	円形シールドと効率的な出入庫の駐車場システム
	鉄建建設	ジオ・パーキング・カレッジ・システム	1990	地下60mクラスの大深度地下駐車場
	フジタ	ジオポート、ジオフレーション構想	1989	外径50m程度のトンネル内を時速600*の航空機を運航
	間組	CALシステム	1991	地下2000mから圧縮空気とリニアモーターによるロケット発射
用水施設	間組	スーパーリザーバートンネル	1988	直径100m,延長1500kmの列島縦断する広域利水計画
エネルギー	エンジニア振協	超伝導エネルギー貯蔵所	1989	巨大な反発力を生じる超伝導コイルを地下地盤で支える
物流施設	早稲田・尾島	地下都市トンネル構想		情報・エネルギー等の新幹線共同溝
	日本開発銀	大深度複合幹線インフラネットワーク	1989	地下を利用したエネルギーと物流ネットワーク
ゴミ処理	鉄建建設	生活廃棄物処理カプセルネットワーク	1990	都市ゴミの収集システム
	鹿島建設	山岳トンネル式ゴミ焼却場	1994	山岳トンネル工法による地下ゴミ処理場
その他	清水建設	スーパーインフラコンプレックス	1990	公共用地地下の利用
	大成建設	ジオ・スペース・ビーニング	1989	大規模なアンダービーニングによる地下開発
	大林組	アンダーグラウンドテクニピア緑の島構想	1981	埋立による都市開発、施設を地下に配置、地上は緑
	竹中工務店	ジオブロックネットワーク構想	1989	地上機能(ビル、広場等)と大深度地下インフラ
	鉄建建設	2010complex island	1990	大規模埋立による人工島、処理施設等は大深度へ

傾向としては、地下都市と物流などの地下ネットワークの構成からなる構想、高速交通施設、地下駐車場からなる構想、エネルギー・物流ネットワークからなる構想、ゴミ処理を対象とした構想、大規模な都市開発と地下利用がセットとなった構想に分かれる。

この後、経済状況の低下により、地下利用に対する熱気も冷め、新たな提案はほとんどなされないようになった。

今般、大深度地下法が成立したこともあり、大深度地下利用について、現時点でどのようなプロジェクトが想定されるのか（社）日本プロジェクト産業協議会（JAPIC）の協力を得て、民間企業に対し調査を行った。

JAPIC の会員企業に対し「地下利用した大都市新生プロジェクト構想の提案募集」を行い、構想の提出を依頼した。

JAPIC は、昭和 54 年に、大規模プロジェクトを提案、推進していくために設立された社団法人で、提案が実現したプロジェクトとしては、東京湾アクアライン、幕張メッセ、関西新空港、横浜国際平和会議場があり、現在では、首都圏新空港、環 8 地下鉄道構想等のプロジェクトの推進を図っている。会員企業は鉄鋼、重工、ゼネコン、電気、エネルギー等大規模プロジェクトを推進する企業が多く、いわば、民間の側から、大規模プロジェクトを推進していくための機関といえる。

募集に当たっては、平成元年頃の構想の反省を踏まえ、表 6.16 に示すように視点をあらかじめ明らかにしたうえで行った。

表 6.16 各種構想検討に当たっての視点

- | |
|--|
| <p>①長期的な視点に立った、国民に夢を与えることのできる構想とし、短期的な実現可能性にとらわれすぎないようにする。</p> <p>②一方、単なる夢物語や机上の空論ではなく、少なくとも長期的には実現可能性がある構想とする。</p> <p>③構想の対象イメージ等は以下のとおり</p> <p>1)都市の再生に資するような構想</p> <ul style="list-style-type: none">・地上に必要ないものは地下化し、地上をゆとりある空間として緑、せせらぎを取り戻す。例えば山手線の地下化、首都高の地下化、空港と都心を結ぶ新たな交通システムの整備等 <p>2)モデル地区における地区全体の再生構想</p> <ul style="list-style-type: none">・例えば銀座地区において道路交通を段階的・重層的に地下化し、LRT、トランジットモールの実現により既存の交通システムを一新する等 <p>3)なお、震災時の復興計画の一部としても活用する。</p> <p>④構想の対象地域は東京を基本とするが、大坂、名古屋その他の政令都市を含めることも可</p> |
|--|

資料：地下を利用した大都市新生プロジェクト構想の提案募集要項

2000 年 9 月 4 日より募集を開始し、11 月 8 日に応募を締め切った。表 6.17 に示すとおり、提出された構想数は 24 である。視点をあらかじめ示したこともあり、10 年前に提案された主な構想と比較すると地下都市構想のようなものが減少して、高速交通インフラ、基幹ライフライン、物流、ゴミ処理といったものが大半を占めるようになった。

これらの構想は、地下利用を全面的に押し出している一方で、これをあわせて地上空間をどうするのかという視点がやや欠けているといえるが、都市の機能強化のために地下を有効利用する点では一致している。

表 6.17 民間より提案された地下を利用した大都市新生プロジェクト

施設	提案者	提案タイトル	提案内容
地下都市	熊谷組	オデッセイ21	環状7号、8号ルート上の地下都市拠点
	フジタ	東京サステイナブルTOWN 構想	環状7号内側で大規模な都市施設の地下化
	前田建設	ジオ・トルネード・ネットワーク	地下都市を兼ねた大規模立坑
交通施設	鹿島建設	ジオスーパークロスハイウェイ構想	東名・東北、関越・湾岸を結ぶ大深度地下高速自動車道
	熊谷組	ネプチューン21	圏央道沿いの物流システム+下水処理水を多摩川上流へ
	国際航業	トロポリタン・スーパーチューブ構想	首都高速の地下化+物流システム
	五洋建設	東京圏ちかみち構想	大宮・東京港、中央道・京葉道の大深度地下高速道路
	白石	首都高速都心東西線と再開発	首都高速の地下化+物流システム
	大成建設	大深度地下拠点間・拠点整備	業務核都市を地下道路、地下鉄道で連結
	鉄建建設	大深度地下高速鉄道	地下高速鉄道
	戸田建設	首都圏ファンタスティック構想	網脈状地下利用(鉄道、物流等)による都市制御システム
	間組	R ² ジオハイブリッド構想	大深度地下道路鉄道複合トンネルプロジェクト
	間組	首都圏ジオエクスプレス構想	業務都市間を結ぶ地下高速鉄道
エネルギー・ 物流施設	竹中	ジオ・クロスリング構想	リニア搬送車による大深度地下物流ネットワークシステム
	早稲田	東京大深度地下インフラネットワーク	ゴミ、物流輸送とエネルギー幹線
	JAPIC	首都圏地下物流構想	都心部地下物流トンネル
ゴミ処理	大林組	地下一般廃棄物処理場の提案	ゴミ及び下水の複合処理施設
	大成建設	地下ゴミ処理システム	ゴミ収集システムと地下ごみ処理場
	飛島建設	都市内廃棄物処理システム	地下焼却プラントと地下最終処分場
	JAPIC	東京アクアコリドー構想	道路を地下化し、新しい河川をつくる
	JAPIC	中部水の回廊	中部地域の水を広域融通構想
その他	三井不動産	日本橋地域ルネッサンス100年計画	首都高速の地下化と日本橋川の再生
	JAPIC	池袋東口グリーン大通周辺整備	地下鉄13号線の整備にあわせた地下通路、地下街整備
	JAPIC	銀座ルネッサンス構想	地下を活用した銀座地区の再開発

また、具体的な地名を挙げている計画が多く、1990年頃より現実的なものとなっているとともに、複合的な機能をもつ施設が多くなっていることである。

これらの中で地下化すべき都市機能として考えられたのは、通過交通の処理、物流機能、ゴミ輸送であり、これらをネットワーク化することにより都市機能の再編を図ることが現在版の地下利用構想といえる。

6.4.3 東京駅前を中心としたケーススタディ

日本の玄関ともいえる東京駅付近を対象として、通過交通処理、物流機能等を地下化し、地上をゆとりある空間として、緑、せせらぎを取り戻すことにより、都市景観の再生が可能かどうかケーススタディを行った。

検討の対象は、図 6.15 に示すとおり、東京駅を中心に、日比谷通り、鍛冶橋通り、首都高速都心環状線、永代橋通りに囲まれた約 80ha の地域とした。対象地域の広がりを見ると大きな設定と感じられるが、図 6.16 に同縮尺で示すパリデファンスの再開発地区の大きさと比べると、ほぼ同規模といえ、ある程度の整備効果を見るためには適切な規模と考えた。

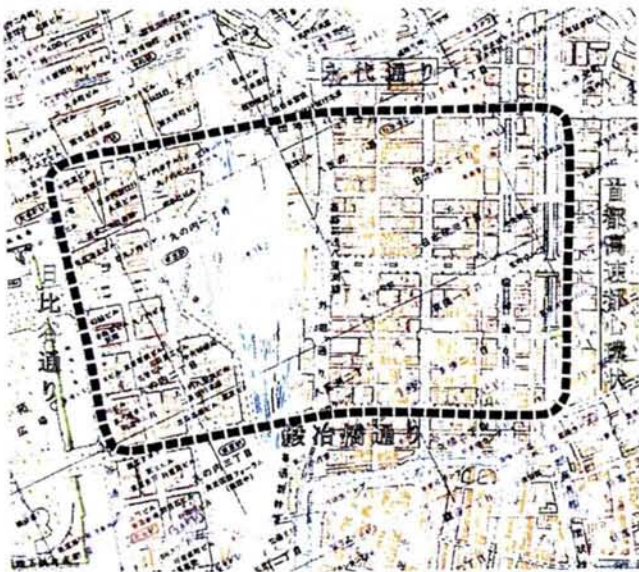


図 6.15 対象エリア

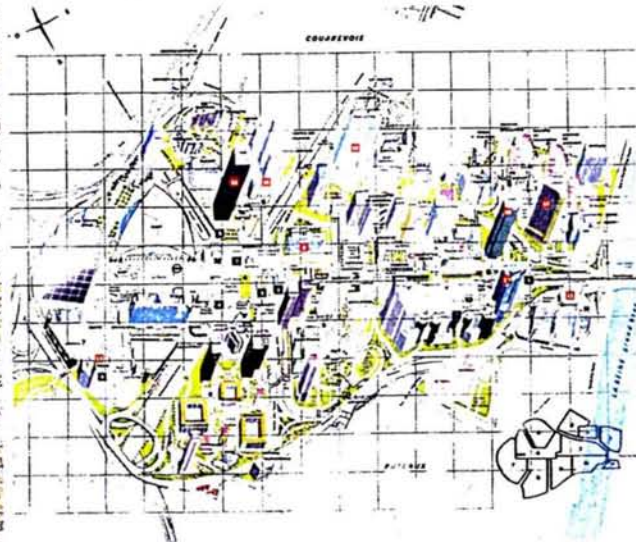


図 6.16 パリデファンス地区の再開発エリア

(1) 対象地区における問題点

東京駅は、西側と東側で大きく姿を変える。西側である丸の内側は、皇居の玄関口として、赤煉瓦の駅舎と皇居に至る広幅員の道路が整備されており（写真 6.3）、空に向かって開けた風格ある空間となっているが、東側である八重洲側は、雑居ビルが多く、閉鎖的な空間で日本の代表的な結節点の玄関口としての風格があるとは言い難い（写真 6.4）。



写真 6.3 東京駅丸の内側



写真 6.4 東京駅八重洲側

また、対象地区に隣接する日本橋川上空を高速道路が通過しており、日本橋に代表されるような水辺空間をだいなしにしているほか、築地川の水を抜いて掘割式の高速度道路を設置しており、水辺空間を奪うとともに、もともとの橋梁の橋脚に道路線形が制約され、走行しにくいものとなっている。

また、東京を東西、南北に貫く幹線道路が歩行者ネットワークを分断するとともに、味気ない街並みを構成している。

したがって、この地域は、平日は、ビジネス街として、人出が多く、にぎわっているものの、週末は、一部百貨店がある箇所を除いて閑散としており、都市の魅力に欠ける地区になっている。

(2) 対象地区における地下利用の現状

地下空間を活用し、都市を新生させる方策を考えたが、当該地区は、既に様々な地下施設が立地しており、これらに支障が生じないように計画する必要がある。

既存の地下施設の深度、供用時期を整理すると表 6.18 のようになる。

表 6.18 対象地区における主な既存地下施設

施設	施設名	深度	相当地下階	供用開始時期	経過年数
地下鉄 南北方向	営団銀座線	GL-10m 程度	2	1932 ～ 34	70
	営団丸の内線	GL-9 ～ 12m	2	1956 ～ 57	45
	都営浅草線	GL-15m	3	1963	40
	営団千代田線	GL-16m	3	1971	30
	都営三田線	GL-16m	3	1972	30
	JR 横須賀線				
地下鉄 東西方向	営団日比谷線	GL-15m	3	1964	40
	営団東西線	GL-25m	5	1967	35
	営団有楽町線	GL-25m	5	1974	25
	営団半蔵門線	GL-30 ～ 35m	7	1989 ～ 90	10
	JR 京葉線	GL-30 ～ 35m	7	1990	10
高速道路	首都高八重洲線	GL-15m	3	1967	33
	首都高都心環状線基礎	GL-17 ～ 25m	5	1963	37
立体交差	昭和通地下立体交差	GL-7 ～ 8m	2	1964 ～ 65	35
駐車場	昭和通地下駐車場	GL-7 ～ 8m	2	1964 ～ 65	35
	八重洲地下駐車場	GL-11m	2	1964 ～ 65	35
	丸の内地下駐車場	GL-8 ～ 9m	2		
地下街	八重洲地下街	GL-11 ～ 17m	3	1964 ～ 66	35

東西方向の地下鉄等例外的に深いものもあるが、多くの施設がほぼ、地下 2 階から 3 階部分に設置されている。また、北部の一部の地域を除きこの付近は地盤が良好なため、施設の多くは直接基礎形式で設置されており、大深度地下法で定義している大深度地下にいたる施設は少数である。

また、営団銀座線のように供用開始から約 70 年が経過しているものもあり、老朽化に対する対応が必要となっている施設もある。

(3) インフラ設備の再配置の考え方

主に地上交通を地下化することにより、ゆとりある空間を創出するとともに、大深度地下を活用した高速交通網、物流システムを構築し、都市基盤の強化を図ることを考えた。具体的には、既存の地下施設も活用しながら、以下に示す施設を地下化することにより、地上部に新たな空間を創出し、この空間を利用して、駅前広場、街路の公園化（グリーンパーク化）、せせらぎなど水辺空間の再生、LRT の導入を図ることとした。

これらの空間は、もともとは、緑あふれる防火帯や運河、水面であったものであり、新しくゆとりある空間を作るというよりは、昔の姿に再生するものであるということもできる。

① 首都高速道路の地下化

首都高速が川の上部を利用しているため、水辺の景観や日本橋等の旧跡の歴史的景観が阻害されており、これを地下化することにより撤去し、親しみやすい水辺空間を蘇らせ、再び庭園のような美しい景観を取り戻すことを考えた。

具体的には、日本橋川の水辺の再生とともに、干上がっていた築地川に水を取り戻し、日本橋から銀座、浜離宮に至る運河を再生させる。

また、水上交通を復活させ、歌舞伎座、日本橋等の施設とウォーターフロント地区とを結びつけるとともに、臨海部の高層マンション地区からの都心部への通勤路線として活用する。

地下化する首都高速については、現行の線形、路線等を勘案し、図 6.17 に示す範囲について地下化することを考えた。地下化に当たっては大深度地下を利用することとし、ジャンクション、インターの位置は、全て新しく見直し、拠点地区と直結した路線を新たに選定するものとし、その際には、地形を十分考慮し、できるだけ谷を形成している部分に出入り口を設け、高低差をなくすように配慮するとともに、高速道路に適した線形をとることが重要である。

このような地下化は今すぐに実現できるものとは考えにくい、将来、ガソリンにかわる燃料の実現や、ITS 技術の進展等の技術革新が進めば可能となると考えられる。

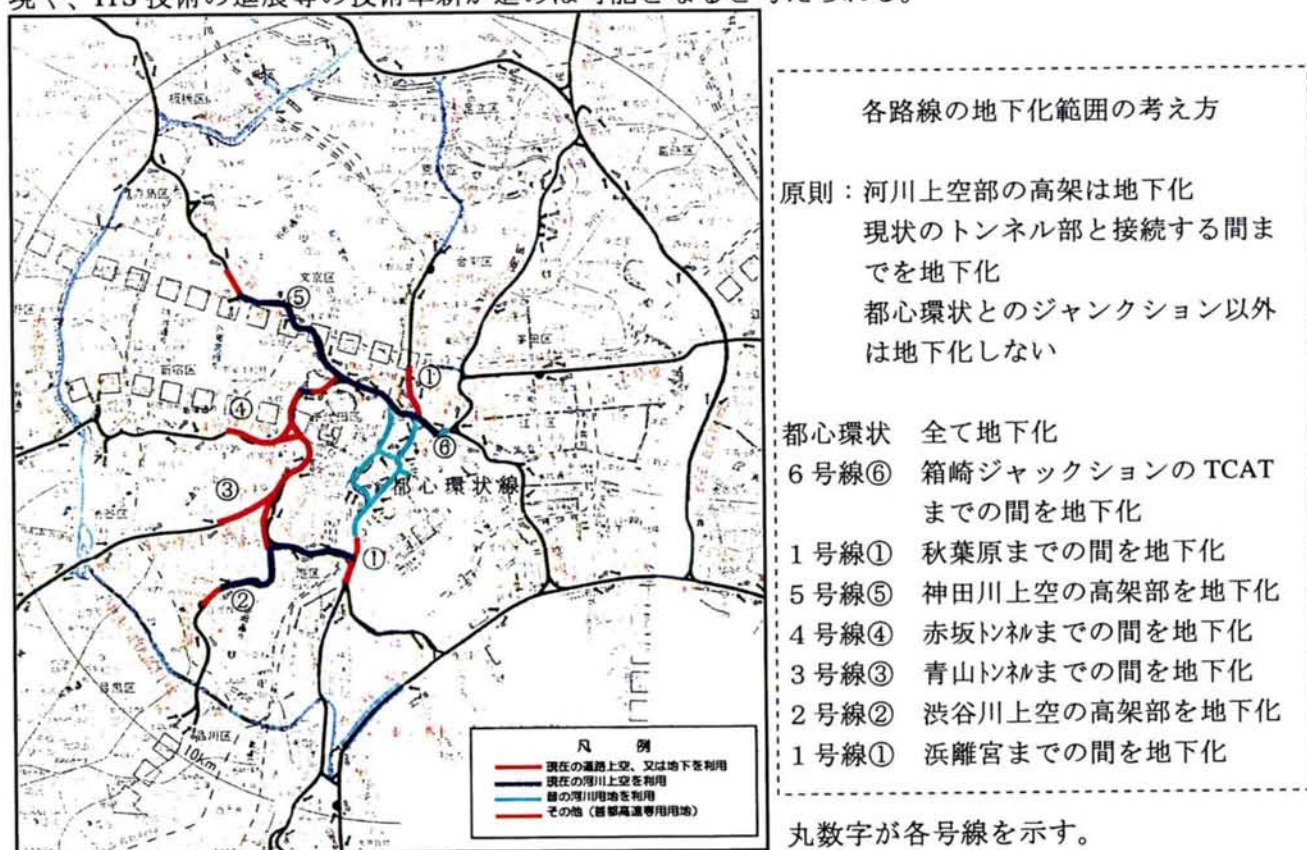


図 6.17 地下化する首都高速の範囲

首都高速の地下化によって、広範に水辺空間が再生でき、都市景観の回復が行われるほか、道路排気の集中管理による環境の保全などにも役立つ。地下化により再生できる水辺の範囲は表 6.19 の通りである。

表 6.19 首都高の地下化により再生させる水辺空間

地下化する施設	地下化による地上部の変化
首都高速都心環状線日本橋側上空	日本橋川上部空間の景観の再生
首都高速都心環状線築地川部	築地川の再生
首都高速 5 号線神田川上部	神田川上部空間の景観の再生
首都高速都心環状線目黒川上部	目黒川上部空間の景観の再生

②通過交通を処理するための幹線道路の地下化

幹線道路は全て地下化することを原則として考えた。地下化に当たっては、地表との出入り口の関係もありできるだけ地下1～2階部分に設置することとした。また、既存の地下施設を活用することとし、老朽化した施設についてもその改築にあわせて新たな施設整備を行うことを考えた。これにより発生する地上空間を活用し、地表部に緑のネットワークを構築するとともに、にぎわい空間を演出し、魅力ある都市への新生を行う。

それぞれの幹線道路の地下化方策は以下の通り

・昭和通り（南北）

昭和通りは、関東大震災を踏まえ、帝都復興事業で、防火帯を兼ねる道路として整備された。当時、中央部に幅広いグリーンベルトが整備されていたが（写真 6.5）、戦後、車道として転用されている。

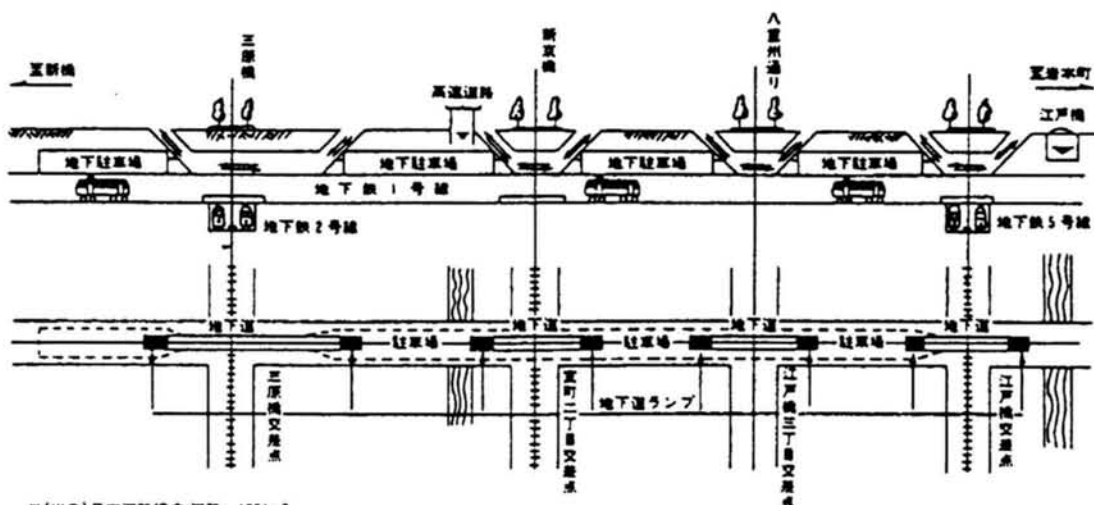


写真 6.5 整備当時の昭和通り¹⁾

昭和通りは、主要幹線道路との交差が多く、交通渋滞が慢性化していたため、併行する首都高速道路都心環状線の建設とあわせて、昭和 39 年に我が国初の地下式の立体交差が建設されている。図 6.18 に示すとおり、立体交差間の地下については、あわせて地下駐車場が整備されており、立体交差部分はその出入り口となっている。

昭和通りを地下化するに当たっては、この既存ストックを活用し、現在の立体交差部、地下駐車場を貫通させ、道路として利用するとともに、現在の出入り口の一部をそのまま地表との出入り口として活用する。

このため、ほとんど費用がかからずに地下化がスムーズに行われると考える。



■(出典)日本道路協会・道路, 1961・3

図 6.18 昭和通り立体交差計画図

・中央通り（南北）

中央通り地下では、地下鉄銀座線がほぼ中心部を貫通しているため、4車線の道路をそのまま地下に設置することはできない。したがって、銀座線を中心に抱き込む形で、上下線を分離して地下化することとする。また、銀座線は建設後70年が経過しており、これの老朽化対策もあわせて行うこととする。

・外堀通り（南北）

外堀通り地下には、現在でも首都高速八重洲線が地下を通過しており、首都高速の地下化にあわせてこの路線を廃止し、これを一般道路として活用することにより地下化を行う。これにより、負担を生じず整備が可能となる。

また、当該路線は、既に八重洲駐車場と地下で連絡しており、これを利用して、地下化する駅前ターミナル、地下道路ネットワークとの接続を図る。

・日比谷通り（南北）

日比谷通りの地下3階部分には千代田線、都営三田線が、地下2階部分には地下歩行者ネットワークがあり、この上部の地下1階に相当する空間を利用して地下化を行う。

・鍛冶橋通り（東西）

鍛冶橋通り地下はJR京葉線が地下30m程度に整備されていることから、この上部の空間を利用して、できるだけ浅い箇所に地下道路を設置するものとする。

・永代通り（東西）

現在地下3階部分に営団東西線が、その上部の地下2階部分には地下通路が整備されており、これの上部空間を活用して地下1階部分に地下道路を設置する。しかしながら中央通り付近では東西線の上部の地下歩行者通路の位置が浅くなっており、一部堀割形式とする。

主なおりの地下化の考え方は表6.20のとおり。

表 6.20 主要道路の地下化の考え方

地下化する道路	地下化方策	留意点
昭和通り（南北）	既存立体交差、地下駐車場を利用	
中央通り（南北）	銀座線を抱き込む形で整備	銀座線老朽化対策を兼ねる
外堀通り（南北）	首都高速八重洲線を活用	地下駐車場との連絡を
日比谷通り（南北）	新規整備（千代田線、都営三田線上部を利用）	
鍛冶橋通り（東西）	新規整備	
永代通り（東西）	新規整備（東西線上部を利用）	一部区間は堀割形式

③地域内交通処理のための地下道路ネットワークの構築

②で示すそれぞれの幹線道路については、できるだけ地下で分流、合流を行わず、通過交通を処理することとし、対象地域内の交通を処理するためには別途、地下道路ネットワークを構築することを考えた。

地下ネットワークは、それぞれ大きな街区ごとに、一方通行のループを形成するように配置し、この地下道路と各建築物とを地下で接合し、各ビルの地下駐車場、地下の車寄せ等に直接乗り入れることができるようにする。

整備に当たっては、幹線地下道路から、地下ネットワークへ入る流入路を地下に設置し、それぞれ

のループに入れるようにする。また東京駅から東西に延びる丸の内地下駐車場、八重洲地下駐車場を活用し、地下道路ネットワークの一部として活用するとともに、東京駅を横断する地下道路を新たに設置し、丸の内側、八重洲口側両方の駐車場を行き来できるようにする。

さらに後述する物流基地と、地下道路ネットワークを連結する。これにより街区内へ流入する物流対応の自動車交通を処理する。

④地下歩行者ネットワークの構築

地下道路ネットワークの整備とあわせ、道路上部の空間を利用して地下歩行者ネットワークを形成する。これにより、歩行者動線は地上と地下の2ルートを確認したことになり、交通動線としての歩行者ネットワーク、にぎわい空間としての歩行者ネットワークと役割分担していずれかを重点的に整備し、特徴ある街区の整備を可能とする。

②、③、④のネットワークを図示すると図 6.19 の通りとなる。



凡例	
通過交通道路	—
地下道路ネットワーク	—
駐車場	—
地下鉄	—
リニア	—

図 6.19 地下交通ネットワーク図

⑤空港と直結するリニア高速鉄道の導入

東京駅の機能を強化するため、成田空港、羽田空港、首都圏第3空港を結ぶリニア高速鉄道を八重洲側地下に導入する。駅部は出来るだけ浅い方がよいことから、現在の八重洲地下街の地下部分を活用する。路線としては、外堀通り地下を活用して、深度を下げ、大深度地下相当の深度になれば、大深度地下利用を活用して、それぞれの空港とを最短距離で結ぶものとする。

これにより、東京駅～羽田空港間が5分以内、東京駅～成田空港間が15分以内で結ばれることになり、国際都市としての利便性が格段に向上することとなる。

⑥物流ネットワークの構築

⑤のリニア高速鉄道駅の下部には、貨物専用の駅をあわせて設置し、リニア高速鉄道を貨客両用として活用することにより、臨海部、空港と東京駅を直結する物流機能を整備する。

旅客駅の地下に貨物専用リニア駅を設置し、これと一体的に地下物流基地を整備、街区内の物流に

については地下道路ネットワークとリンクさせ、処理するとともに、新たにコンテナ式の物流機能とライフライン等と一体になった大規模な共同溝を大深度地下を利用して整備し、これを新宿、池袋などといった都心の拠点地区をネットワーク化し、都市内物流を担う。さらには東京中央郵便局とも連絡を図る。

これにより、都心部の物流量の多くが地下を経由することとなり、都心の交通混雑が大いに緩和されることとなる。

(4) 地下施設の配置

既存施設も含め様々な施設が地下に配置されることになるが、それぞれの施設がパッチングしたりしているがどうか確認するため、各層毎の地下の地図を作製した。

①地下1階部分（図 6.20）

地下1階部分には、原則として歩行者ネットワーク（地下街、地下歩行者通路）を配置するものとする。なお、既存地下施設の構造上、昭和通り、日比谷通りの地下1階部分には通過交通処理のための地下道路を配置するものとする。永代通りについては、通過交通処理、地下道路ネットワークを配置する。

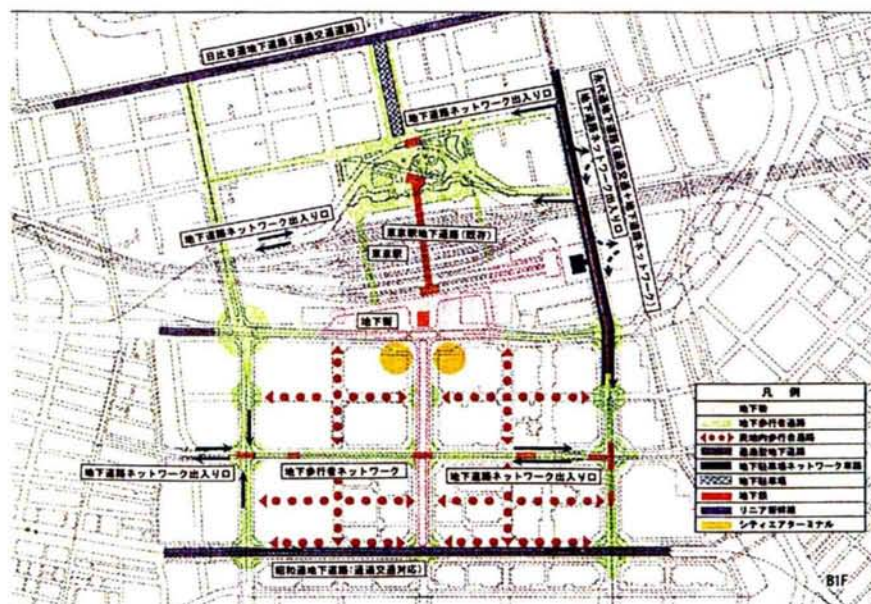


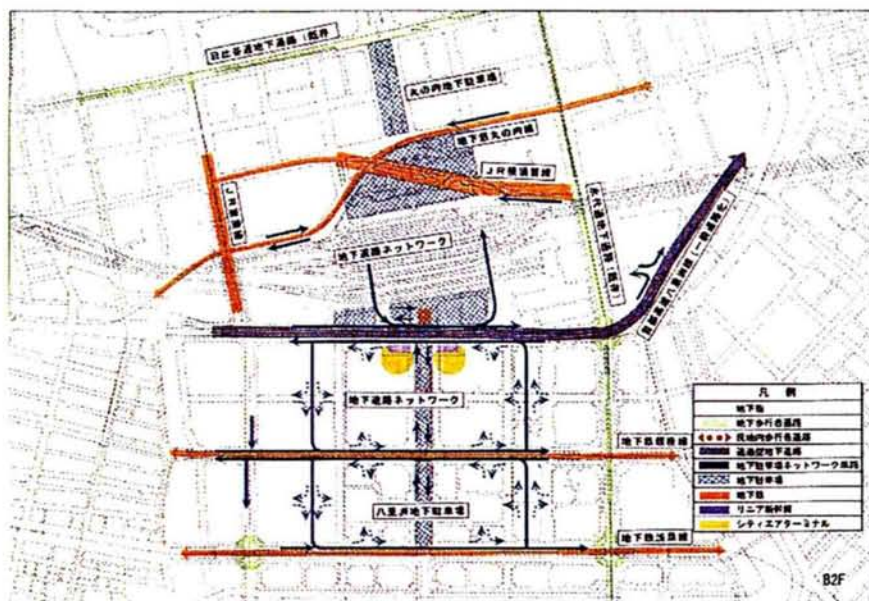
図 6.20 地下1階部分の構成

②地下2階部分（図 6.21 参照）

地下2階部分には、地下鉄及び地下道路ネットワークを配置するものとする。これは地上とのアクセスの多い施設ほど浅い地下を利用すべきであるとの考えによる。

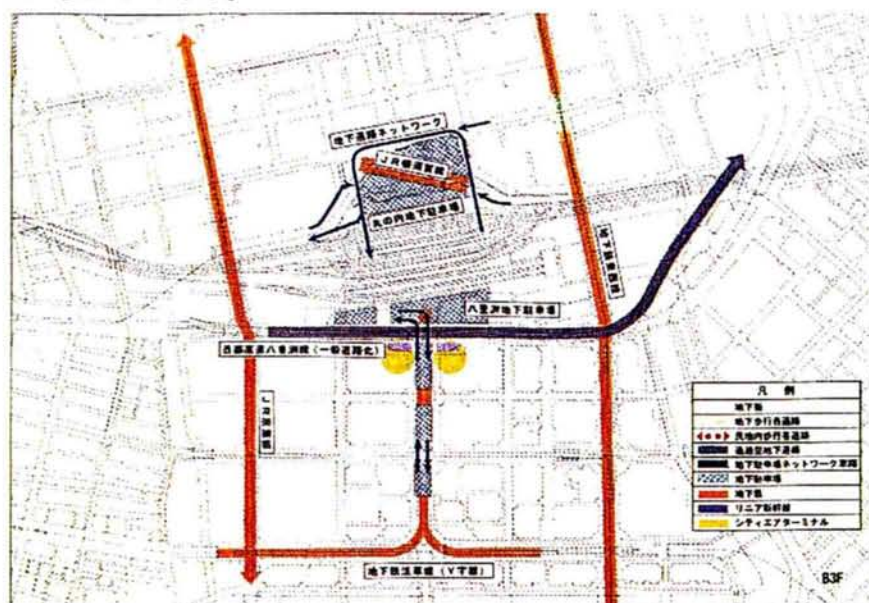
地下道路ネットワークは、それぞれの街区のビルの地下駐車場、地下車寄せと結合するものとし、既存の、八重洲、丸の内地下駐車場もネットワークの一部として活用する。

なお、地下2階部分に既に地下歩行者通路がある日比谷通り、永代通りについては、この深度に地下歩行者ネットワークを形成すると共に、現在地下2階部分に設置されている首都高速八重洲線を通過交通処理として活用するものとする。



③地下3階部分 (図 6.22 参照)

地下鉄東西線、JR 京葉線コンコース部分、首都高八重洲線、地下駐車場は既存施設であり、新たに設置する施設は、丸の内側の地下道路ネットワークである。これは、地下鉄丸の内線が既に地下2階部分を利用しているためである。



④地下4階部分 (図 6.23 参照)

地下4階部分には新たに整備されることとなるリニア高速鉄道駅の改札部分を設置する。この施設は、国際ゲートとしての機能を果たすことから、シティエターミナルもあわせて設置する。

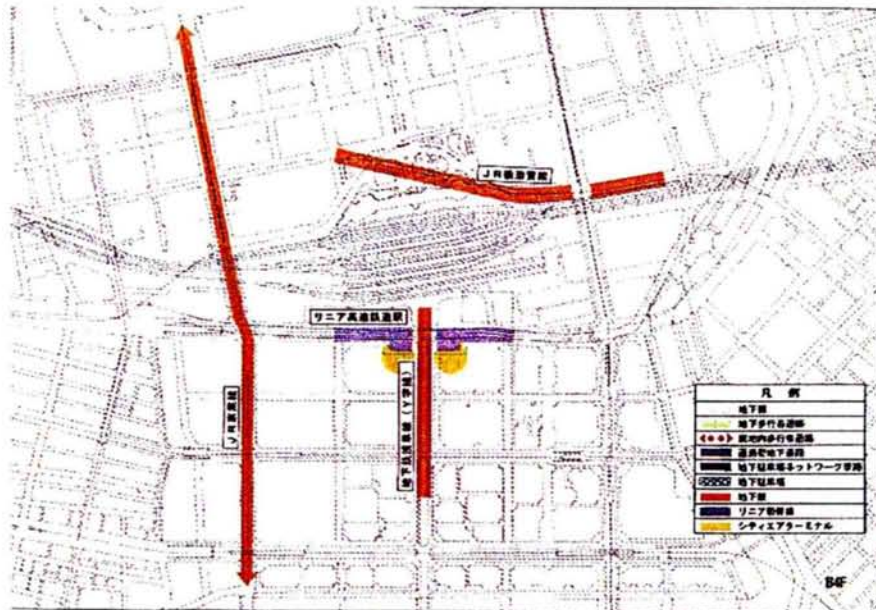


図 6.23 地下 4 階部分の構成

⑤地下 5 階部分 (図 6.24 参照)

地下 5 階部分にリニア高速鉄道のホームを設置する。

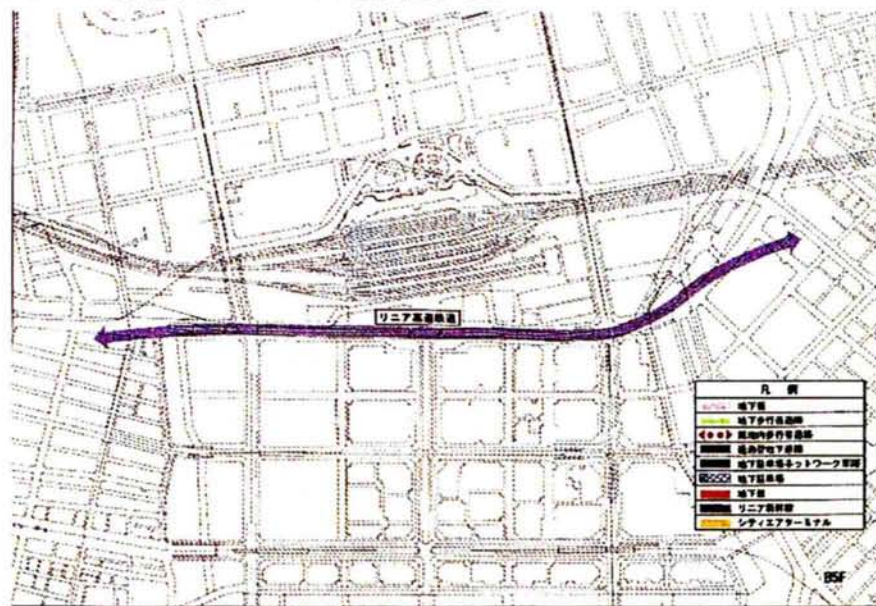


図 6.24 地下 5 階部分の構成

⑥地下 6 階以深

地下 6 階部分以深に、リニア貨物駅、物流基地、地下物流ネットワーク、首都高速道路を整備するものとする。

以上を踏まえ、東京駅より東側の東西断面 (図 6.25) を作成した。既存地下施設との関係上パズルを組み合わせるようであるが、このように施設を設置することにより、これらの整備が可能である。

なお、縦断面の地下鉄は運輸政策審議会の答申路線である地下鉄 Y 字線である。

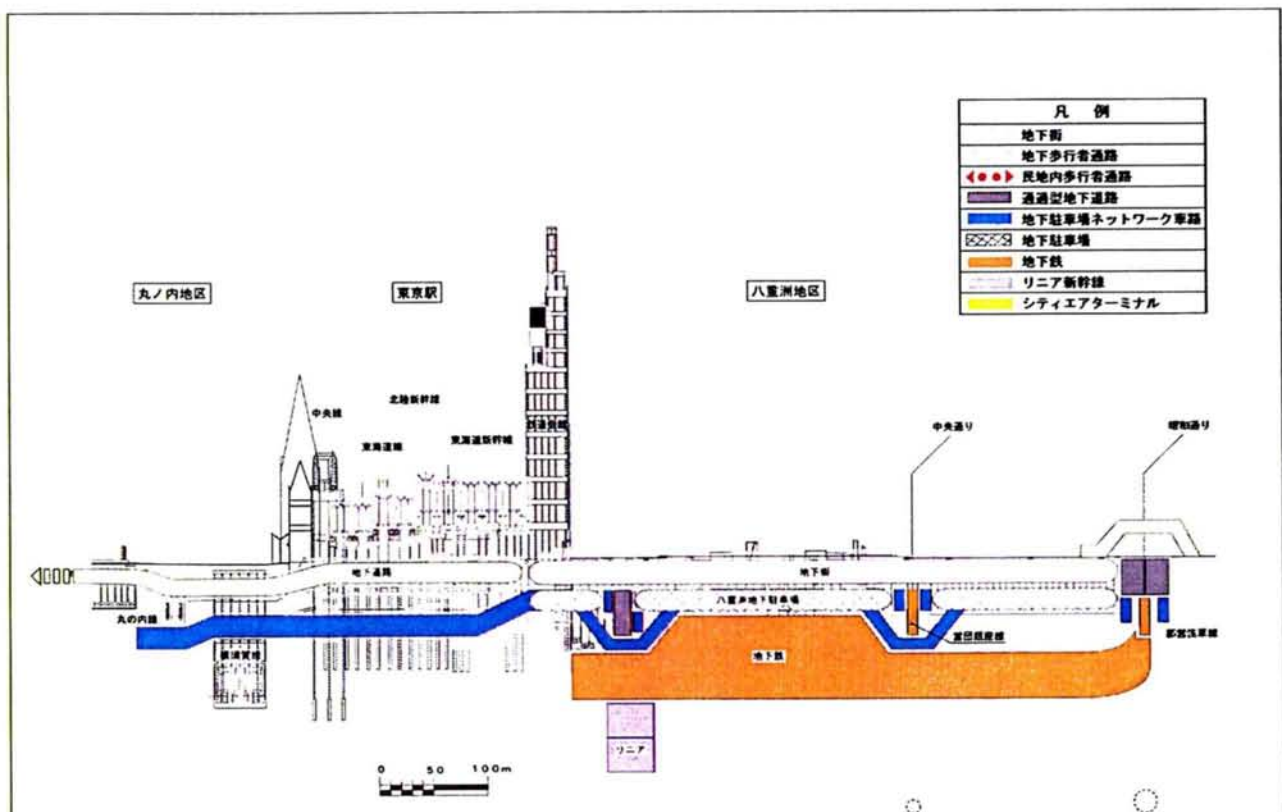


図 6.25 東京駅東側の東西断面

(5) 構想の効果

写真 6.6 に対象地区の現在の姿を示すが、これが図 6.26 のイメージパースのように、水と緑あふれる都市として再構築される。

どのような都市機能を配置するのかは、要検討であるが、例えば、駅前地区は、国際ビジネスエリアとして、これより少し離れる区域はにぎわいエリアとして、築地川などウォーターフロントは住居地区として整備することが考えられる。

また、幹線道路は緑のネットワークとして、日本橋川、築地川は水のネットワークとして空間を演出するとともに、ヒートアイランド現象の緩和にも役立つものとなる。



写真 6.6 現在の東京駅周辺地区の航空写真



図 6.26 対象区域の整備後のイメージ

これらに加え、LRT を新たに導入し、域内の交通網とするとともに、臨海部の高層住居地区へ路線を延伸し、ウォーターフロント方面との連携を強化することが考えられる。

また、主要なライフラインを地下化したことにより、地震等の災害に対して強い地区として、各種重要機能の集積も可能となる。

物流機能についても地下化し、ネットワーク化を図ることから、物流機能の向上が図れるとともに、地震等の災害時にもこの機能を十分に活かし、災害拠点として活用することもできる。このように、主要施設の地下化は、災害に強い都市づくりに大きく寄与するはずである。

さらに、リニア高速鉄道により国際空港、国内空港とを数分で結ぶとともに、中央リニア新幹線が開通すれば大阪とも1時間で結ばれることとなる。国際的にも利便性の高い地区となり、国際、国内の日本の玄関口として、国際的な都市間競争にも十分太刀打ちできるようになる。

このように、地下を利用することにより、水と緑あふれる、魅力ある都市として、また、情報、物流、人の交流基地として、さらに災害時の活動拠点として都市の新生が果たせることになる。

また、東京駅周辺の地下利用を切り出したイメージパースは図 6.27 の通りとなる。

地下の階層地図の通り、地下1階部分には地下歩行者ネットワーク歩行系、地下2階部分と地下3階部分には地下鉄、地下道路の交通系、地下4階部分には新たに設置するリニア駅の駅舎部、地下5階部分にはリニア高速鉄道の旅客ホーム、地下6階部分には、リニア高速鉄道の貨物駅とこれと一体となった地下物流基地、これに接続するコンテナによる都市内地下物流ネットワークと幹線ライフライン、大深度地下を活用して首都高速道路を設置するものとする。

これにより、地上を水辺と緑あふれる空間として再構築し、都市空間を新たに生まれ変わらせることが可能となる。

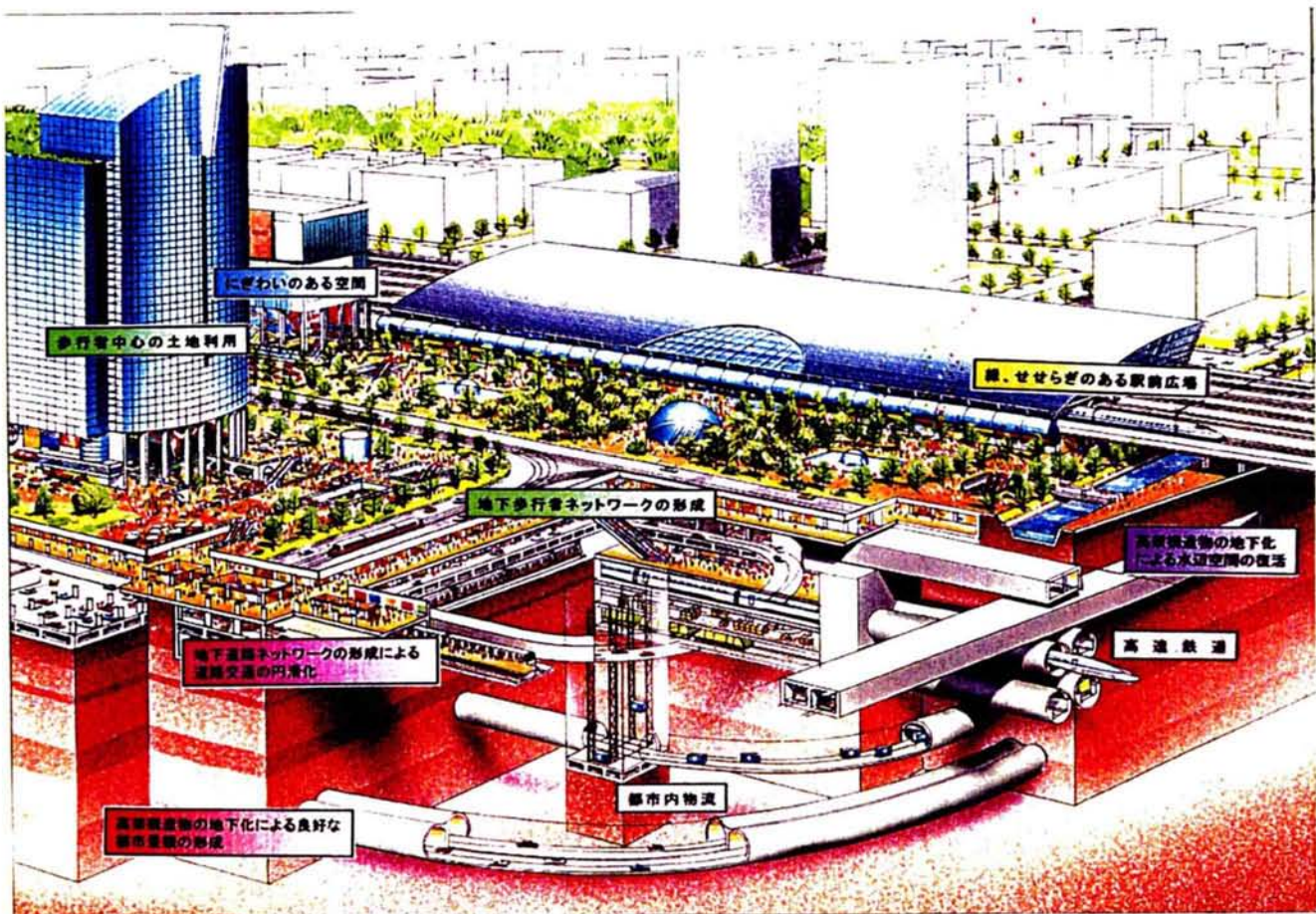


図 6.27 東京駅地下のイメージ図

(6) 構想の実現性

この構想は、今すぐに実現するものではなく、かなり長期的なスパンで見る必要がある。

現在東京都では、関東大震災クラスの大災害の後の復興計画の策定を進めているが、このような構想を実現するためには、震災計画のような長期のスパンを見た計画に位置づけ、慎重に各施設の配置などを検討した上で、長期計画を策定し、更新時期や整備の必要性を鑑みながら、できる事業から整備を行っていくようなスタンスで継続的に進めていくことが重要である。

また、現在、日本橋地区の住民、地権者を中心に日本橋地域ルネッサンス 100 年計画委員会が設置され、首都高速の地下化による日本橋川再生プランを構築しようとしている。名前の通り、100 年の計として考えているが、このように地域と一体となって進めることも重要である。

このプランの出来不出来は別として、人がこうなればよいと思うプランについては、様々な障害があったとしても、忘れられなければ、いつかは実現するものとする。

なお、このプランについては 2000 年 12 月に公表された JAPIC の大都市新生プロジェクトの 1 構想として公表した。

6.5 結論

21 世紀の都市像を描く上では地下の活用は必須といえる。

海外の都市の整備の方向を見ても、今までのライフライン、地下鉄といった施設だけでなく、物流、幹線道路、駅前ロータリーなどの施設を地下化し、人間的な空間として都市を新生することが進められつつある。

このためには、莫大な事業費が必要となることもあるが、都市の再編に十分な予算を投入することが必要な時代になってきているのではないかと思える。

ボストンでは、総額 1 兆 3000 億円をかけ、都市内高速道路の地下化を中心とする再整備を進めている。

ボストンのダウンタウンとビジネス街を分断する緑色の高架高速道路（グリーンモンスター）を地下化し、これから生まれる空間を緑あふれる空間として活用し都市の再整備を行う事業が現在進められている。

この事業により、都心部に新たに 60ha の土地が生み出され、このうち 3/4 を緑の空間として、残りを住宅、ビジネスのために利用し、魅力ある都市の再構築を図ろうとしている。



写真 6.7 グリーンモンスター地下化前



写真 6.8 グリーンモンスター地下化後

このような事業の最大の問題は地下化に伴うコストであるといえ、ボストンにおいても事業費の確保については紆余曲折があったようだが、もし、地下掘削コストが今までの数分の 1 になれば、地下を利用した都市の再編は、いっそう進む可能性がある。

大深度地下使用制度により、深さの制約はあるが、利用可能な空間は無限に広がったといえ、建設コストが大きく減少することがあれば、まさに、この構想に描いたような都市の実現が容易に図れることとなる。また、公共投資によらなくとも、PFI 等の民間資金を活用する方法によってもその実現の可能性が大きく拓けるといえ、都市のあり方そのものが大きく変化するはずである。

我が国の土木技術は世界最高水準にあるといえるが、高度な技術だけでなく、その技術の方向を、地下掘削をいかに経済的に行えるかということに向ければ、実現可能ではないか。

いずれにせよ、地下利用が今後の都市の再編で最も重要な舞台であり、これに向けベクトルを合わせる必要がある。

参考文献

- 1) (社)トンネル技術協会：大深度地下利用技術調査小委員会報告書概要版（モデル検討）：2000.11
- 2) 松浦茂樹、島谷幸宏：水辺空間の魅力と創造：鹿島出版会、1987.12
- 3) 越沢明：東京の都市計画：岩波書店 1991.12

第7章 結論

本研究の成果は、本論文にあるというよりも、むしろ、大深度地下使用制度としての体系にあるといえる。

法制的には、大深度地下という空間特性を捉え、所有権との調整について特別の制度を定め、技術的には、制度から要請される事項等も踏まえ、大深度地下利用に当たっての技術事項を体系化しており、技術、法律の両面において新しい分野に踏み込んだものである。

また、大深度地下使用制度においては、地下利用にスプロール的な概念を導入し、これを防止するための仕組みを設けており、地下空間に対し計画論的な観点からのアプローチを行ったおそらく初の制度ではないかと考える。

このような制度が構築されたのは世界で初めてのことであり、国内のみならず、海外からも高い関心が寄せられている。

大深度地下使用制度のメリットとしては、事業を円滑に行えるようになること、合理的なルート設定が可能となり、事業期間の短縮、コスト縮減にも寄与すること、「早い者勝ち」や「虫食いの」といったスプロール的な利用による無秩序な開発を防ぐことができること、地震に対して安全な空間であるとともに、騒音、振動の減少、景観保護にも役立つことなどがある。

21世紀の都市を考える上では、空間を高度利用することが必要であり、このためには、地下空間の活用は不可欠といえる。どのような都市を再編していくのかということは今後の大きな課題といえるが、大深度地下使用制度の構築が、都市の再構築の可能性の大きな扉を開いたといえる。

7.1 大深度地下使用制度の構築に至る検討内容と今後の課題

大深度地下使用制度の構築に当たっては、表 7.1 に示すような項目について検討を行ったが、検討のとりまとめのスケジュールの関係等から、本論文では、制度の検討開始時期から、法律の成立、法律の施行までの間に検討を行った主な事項について論じた。

単に制度の内容だけでなく、制度の成立の背景や考え方について論じ、今後の制度の運用に託された部分について、後に制度に携わる者が理解できるようにまとめるとともに、かつ、地下を利用する様々な立場の方に大深度地下使用制度の考え方を理解いただき、よりよい制度として発展させていくことを目的として、論文を執筆した。

第Ⅰ編では、事業を円滑に実施するための制度として、どのような制度を構築したのか、そのバックグラウンドについて論じた。つまり、この制度により、現実的に民有地地下の利用が可能となり、都市の再整備のため空間が飛躍的に高まることとなるが、どのような、背景、考え方、技術的バックグラウンドによりこれが可能となったかについて論じた。

第Ⅱ編では、このように利用可能となった空間について、スプロール的な利用を防止し、適正かつ合理的に大深度地下を利用していくための利用調整の考え方と、これを実現するため、かつ、効率的な事業の実施のための情報基盤のあり方、地下を利用した都市のあり方について論じた。

第Ⅰ編では、大深度地下の利用を可能とする骨組みを、第Ⅱ編では空間の使い方を論じている。

第Ⅰ編のうち、第2章では、制度の基本的な構成について論じた。大深度地下空間をどのような性格の空間として位置付けるのかは、憲法の財産権、民法の土地所有権の内容とも関連し、法制的な整理が必要な事項であるが、一方では、法制度から要請される事項を空理空論ではなく、技術的に取り扱うことができるかどうか、技術と法制が密接に関連する制度の基本骨格であり、第3章以降を理解する上では不可欠であると考え、ここで論じた。

空間特性から所有権に関連し特別な制度を構築した立法例は他になく、基本的な制度の仕組みについては、政府提案の法律の審査を行う内閣法制局とは1年半に及ぶ大議論を行った。

国民の権利保護の観点からこのような制度が果たして構築可能であるのか、また、現在は、通常、補償を支払っている空間に対して、なぜ、無補償となるのかなど様々な議論があったが、最終的には第2章に論じたように、事業を円滑に実施するための理想の制度が構築できた。

この議論においては、大深度地下は客観的かつ一義的に特定可能なこと、大深度地下を利用したとしても何ら実質的に損失が発生しないことなどを技術面から立証する必要性があり、このような要請から、大深度地下利用に関する技術的事項を技術体系としてとりまとめた。この技術体系をとりまとめるために行った検討内容について第3章で論じた。

これは、いわば法律論としての大深度地下空間という概念を、現実的な空間とするため、技術という言葉によって翻訳する作業であったといえる。

大深度地下に関する技術体系の構築において特に強く意識したことは、客観性と一義性ということであった。このため、技術体系から曖昧さを排除することに努めるとともに、できるだけシンプルなものとなるよう心がけた。最終的には、大深度地下施設の設計荷重の算定は、四則計算により算定されるモデルとして構築したように、シンプルかつ実務的な技術体系としてまとめることができたと考えている。

また、大深度地下空間は、どのような場合にも利用されない一律の空間として定義しており、これを立証するため、現存する高層建築物について全て調査し、整合性を図るなど、説得力を十分有するものとして体系化が図れたと考えている。

大深度地下使用制度は、相反する権利の調整を行う制度であり、非常に高い厳密さが要求されているといえ、これらをクリアできたからこそ、制度の構築が図れたといえる。この意味において、第3章の内容は、この制度の心臓部分といえる。

しかしながら、大深度地下については、技術的に未解明な部分も多く、技術体系としては、これらの事項も勘案しながら、安全側の考えに立ち構築しており、大深度地下地盤の特性を考えれば、過剰な対応を求めている部分もあるかもしれない。しかしながら、現在では、これを補う知見の集積は十分ではなく、合理的に大深度地下利用を行うためには、さらに知見の蓄積を行い、研究を深め、今般の技術体系を所与のものとして、技術的な理論の構築に努めるべきである。特に、堅く締まった地盤という大深度地下地盤の特性をうまく活かして、合理的に大深度地下空間を活用する技術が開発されることが望まれる。

第4章では、「早い者勝ち」、「虫食いの」な地下利用が行われないための仕組みを論じた。これは大深度地下使用制度のもう一つの大きな柱である。

地下のスプロール的な利用を防ぐという観点から、「大深度地下使用基本方針」、「大深度地下使用協議会」、「事前の事業間調整」という今までにない仕組みを制度に新たに導入した。この仕組みがうまく働き、「早い者勝ち」、「虫食いの」な利用を防ぐためには、この仕組みをどのように活用していくかということにかかっており、この基本的考え方についても論じた。

ここでは、これを、地下利用の“あるべき論”として展開したが、これをもとに、大深度地下利用のあり方を定めた「大深度地下利用基本方針」が決定されるとともに、実務上の空間配置の調整の指針となる「利用調整の考え方」、「共同化の手引き」、都市計画との関係を定めたマニュアル等が定められることとなっており、これに、後の運用で得たノウハウを追加して、大深度地下が早い者勝ち、虫食いの利用されず、適正かつ合理的に利用されることを強く願う。

第5章では、大深度地下利用にかかる情報基盤のあり方について論じた。情報基盤は、第4章で述べたような適正かつ合理的な地下利用を行うとともに、効率的に地下利用を行うためには不可欠といえる。実際どのような情報基盤が整備されるのかは、今後の議論を待たなければならないが、現時点で望ましいと考えられるものを論じた。技術的に解決すべき事項もあるが、一方、関係者間の合意形成が必要な事項もあり、情報基盤の整備には、超えなければならないハードルがあるが、情報基盤整備のための道筋はできており、今後、使い勝手の良い情報基盤が整備されることを願う。

第6章では、都市における地下利用の可能性について論じた。ケーススタディに対しては、本当に

実現するのか？という意見はあろうかと思うが、このような構想について、その実現性を議論するため、国土交通省の交通、道路、都市、物流、河川、技術の各担当課長と東京都の都市政策、震災復興計画の各担当部長からなる会議を設置し、この実現について議論を進めるとともに、実現に必要な技術についても、その技術開発の方向を検討し、"大深度地下利用技術ビジョン"としてとりまとめることを予定しており、構想を構想のままとせず、これを進めていく準備はできている。

小渕前総理の指示により設置された都市再生推進懇談会の提言においても、都市空間の造りかえ、大深度地下の活用、運河の再生等が提言されているほか、首都高速の地下化については東京都の長期ビジョンや地下利用ガイドプランにおいても記述される方向で検討が進んでおり、さらに、これを後押しする住民運動なども展開されるようになっており、まさに、地下を利用した都市の再構築に向けた気運が高まりつつあるといえる。

大深度地下使用制度は、2001年4月1日より施行される。

二十世紀の最後の年に二十一世紀の都市の可能性の扉を大きく開く制度を構築し、二十一世紀にこれを活用する土台づくりが行えたと考えている。

世紀の変わり目という節目であるとともに、国土庁26年の歴史の最後の大仕事として21世紀に引き継ぐ大きな遺産を残すことができたと感じている。

表 7.1 大深度地下使用制度構築に当たっての検討フロー

事 項	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度	13年度	14年度
制 度 の 検 討	○臨時大深度地下利用調査会	(平成10年5月：答申取りまとめ)					
	○法制度の検討	(平成12年5月：法律の成立)					
	○政省令、基本方針等の検討	(13年4月1日施行)					
	○大深度地下利用のあり方の検討	事業が幅轉した場合の調整、共同化方策、大深度地下利用のあり方の検討					(調査結果を適宜、基本方針に反映)
技 術 的 な 検 討	○大深度地下利用技術指針の検討	(12年6月：大深度地下使用技術指針(案)公表) 大深度地下の特定方法、地下施設の耐力の考え方、地下施設と建築物の離隔距離の考え方等の検討					
	○建築物の地下利用に関する実態調査	(12年6月：「高層建築物の地下利用の現状」公表) 高層建築物の地下室、基礎杭の実態調査、高層建築物の荷重の整理、建築物の将来動向の検討					
	○大深度地下における近接施工の検討	大深度地下における近接施工に関して、支障の有無、支障がある場合の対応策等の検討					
	○地盤調査マニュアルの検討	事業者が行う地盤調査が正確かつ効率的に行えるための地盤調査方法の検討					
	○大深度地下利用に関する技術開発ビジョンの検討	今後事業横断的に必要とされ汎用性の高い技術開発を促進するためのビジョンの検討					
	○大深度地下利用に関する安全・環境事項の検討	大深度地下利用の安全・環境事項に関する審査項目・基準の作成					(平成14年完成予定)
情 報 化 の 推 進	○大深度地下マップの作成	(12年12月に公表) 東京、名古屋、大阪における大深度地下の深さを地図上に示したマップの作成					
	○事業概要図等作成マニュアルの作成	法律に基づき提出する事業の概要を示す図面の作成マニュアルを作成する。					
	○大都市における地下情報の整備状況及び活用方策調査	海外の都市における地下情報の整備状況及び活用方策の調査					
	○大深度地下に関する情報基盤のあり方の検討	地下埋設物状況、地盤状況等の地下情報の収集・提供体制のあり方の検討					
	○大深度地下利用に関する情報基盤の整備	上記「あり方」の検討を踏まえ、整備の具体的方策の検討					

注：ゴシック（太枠囲み）が本論文に収録した部分

7.2 後記

筆者は、1998年1月1日に建設省近畿地方建設局淀川工事事務所より国土庁大都市圏整備局計画課大深度地下利用企画室に赴任し、2001年1月6日に国土交通省河川局へ異動となるまでの3年間

にわたり、大深度地下使用制度の構築を担った。

この間には、1998 年 5 月の「臨時大深度地下利用調査会答申」の取りまとめ、2000 年 5 月の「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」の成立、2000 年 12 月の「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法施行令」の公布、2001 年 4 月の大深度地下法の施行の準備と、いわば大深度地下使用制度の種を撒く時期から、その実を収穫する時期までのすべてにかかわることができた。この実の種が、新たに播かれ、今度は、具体の事業として豊かな実りをもたらすことを期待する。

1998 年に国土庁に赴任するまでは、大深度地下といっても 1990 年のバブルの頃の話であり、何をすべき部署なのか実際よくわからなかったが、赴任してみると、法律を作らなければならない、しかも 10 年前に関係省庁で調整が難航し、事実上とん挫した制度であることなど、一筋縄ではいかない仕事であることがわかり、随分と大変な時期を担当することとなったと感じた。実際に、当初 2 年間は、制度をつくる見通しが全く立たない状況であった。

制度構築については、難しい局面も幾度となくあったが、運が味方したのか、必然的にこうなるべきであったのかはわからないが、我々の能力を超えたところでも物事がうまく進んでいた結果、制度を構築することができたのではないかと感じる。

大深度地下の検討体制の中では、筆者が、唯一の土木技術者といえ、意志決定ラインとして、上司が入るといっても、技術的事項について事実上の全責任を担う立場であった。当初、どうすべきか判断に窮することも多かったが、結局、自分の責任において、自分で判断するしかないと考え、また、そのための準備を十分に行うこととした。逆に、どのようなことを検討するかについて、自分の裁量で企画、立案、調整できる範囲が大きく、自ら必要と思う項目について自由に取り組むことができたといえ、在任中には表 7.1 に示すような項目について検討を行うことができた。それぞれ、十分な成果を上げたと考えているが、これには、大深度地下に対する多くの人々の協力や様々な団体の協力があったからといえる。

大深度地下にかかる一連の検討を論文としてまとめるきっかけは、衆議院の法案審議が終わり、参議院の審議入りを待っている 2000 年 4 月頃と記憶しているが、局長に、学位を取れるぐらいのことはしているはずだから、取ってみてはどうかと勧められたことによる。行政の仕事は学問とは縁が遠いと思っており、学位の取得など全く頭になかったが、言われてみればそうかもしれないという気になり、また、今、成果をきちんとまとめなければ、今後、誰も制度の検討過程を知ることができなくなると考え、論文としてとりまとめることを決意した。

しかしながら、どのように進めたらよいのかわからず、母校の教授でもあり、日頃より大深度地下利用について、様々なアドバイスを頂いている足立教授に相談させていただいたところ、頑張りなさいとの励ましをいただき、さらに、自ら主査として、論文の指導をしていただけることになった。学生時代にはほとんど面識はなかったが、足立教授の御好意に甘えることにした。

論文については、今まで協力いただいた様々な方々に恩返しする気持ちと、制度の構築における考え方をできるだけ正確に記す記録としての面と、様々な局面においてどのように判断し制度化を進めたのか、自分の考え記す面とを意識して執筆した。したがって、本論文の内容は大深度地下利用にかかる検討について述べているものの、全てが行政の見解と精緻に一致しているというわけではない。

法律成立後の 2000 年 6 月から執筆を開始し、2000 年 12 月までの約 7 ヶ月をかけ、書き上げることができたが、この間の最大の難敵は時間の確保と気力の維持であったといえる。

勤務中に論文の作業をするわけにはいかないので、帰宅後の深夜の時間と週末とを利用して執筆にあたったが、潤沢に時間があるとは言えず、また、まとまった時間が確保できないためペースがなかなか上がらず、どうしたものか思案したが、通勤時間を活用し、電車の中で紙と赤ペンで論文の思索を行い、家に帰ってからこれを文章としてまとめるようにし、ペースを確立して、どうにか書ききることができた。論文の執筆を通して、24 時間という時間の貴重さを本当に痛感できた。

仕事を終え、家に帰り、日付が変わった頃から論文を書き続けるのは、一方では、気力を奮い立たせる必要があった。

書き続ける気力が維持できたのは、この論文については自分しかまとめることはできないという使命感でもあったが、むしろ、娘の存在の方が大きかったといえる。

私の娘は、1995年8月に誕生し、1997年2月に天国に召されたが、一生の間、口から食べることに、自分の意志で体を動かすこと、笑うことすらなかった。人生について語ることはしないが、娘と自分の人生が何なのか、その思いが、気力の源であった。

謝辞

論文執筆のきっかけを作っていただくとともに、また、業務上の情報について、全て公開することについて許可頂いた国土庁大都市圏整備局板倉局長に感謝します。

また、京都大学足立教授には、大深度地下利用について様々な御指導、御助言を頂くとともに、研究室の門下生ではない私の論文の主査として、熱心な御指導を頂きました。心から感謝いたします。

京都大学田村教授、京都大学青山教授には、論文の主査として同様に熱心な御指導を頂きました。また、私の大学時代の指導教授である立命館大学中川教授には、終始暖かい励ましの言葉を頂きました。深く感謝いたします。

大深度地下使用制度の構築に当たっては、数多くの各方面の第一人者の方々と多くの議論をさせて頂きました。一人一人のお名前は挙げませんが、深く感謝しております。

制度の構築に当たっては、様々な難局がありましたが、これ乗り越えることができたのは、本東室長をはじめ、大深度地下利用企画室の面々のチームワークによるものであります。素晴らしい同僚と仕事を共にできたことを誇りに思います。

土木工学と分野は違いますが同じ技術者として、様々な助言をいただいた父、そして、母、妻をはじめ、制度の誕生とほぼ同時に誕生した息子、そして娘と家族の存在と支えなしには、書き上げることはできなかったと思います。心から深く感謝します。